

◆SIT 総合研究所・研究センター 研究成果報告書

※各研究センターの成果報告書は、文部科学省の報告様式を基に作成しています。

- 1 ライフサポートテクノロジー研究センター（2013 年度予算:6,100 千円）（5 年目:最終年度） P. 3
ひとが幸せに暮らすためには「元気に老いる」ということが重要である。老化の現象を解明することで、高齢化社会を元気に生きるためには何が必要かを探る
- 2 環境微生物生態工学国際交流研究センター（2013 年度予算:7,100 千円）（4 年目） P. 21
微生物そのものの性能の向上を図ると共に、微生物生態系を解析・制御することにより、東南アジアにおけるダイオキシン汚染問題の解決等に資する環境浄化手法の開発や有用な物質を合成する技術（例：窒素からアンモニア合成）の開発を行う。
- 3 ポータブル強磁場マグネットセンター（2013 年度予算:7,100 千円）（4 年目） P. 34
世界最強の小型マグネットを開発するとともに、その磁場を利用することで、水を浄化する装置や、ひざの軟骨を再生する技術の開発を行う。
- 4 フレキシブル実装工学研究センター（2013 年度予算:9,100 千円）（3 年目） P. 49
集束陽子線描画を基軸とする微細な加工技術で、三次元柔構造を含む多種多様な材料群のハイブリッド構造体を形成し、機能発現、統合およびデバイス化に取り組む。従来のエレクトロニクス実装の枠組みを超えた超実装工学の構築を目指し、環境調和性に優れたモノづくりを探索する。
- 5 レアメタルバイオリサーチセンター（2013 年度予算:4,200 千円）（3 年目） P. 63
特殊な金属代謝機能を有する微生物を利用して廃電子部品等に含まれるセレン等のレアメタルを不溶化・濃縮して回収し、市場価値のある資源としてリサイクルする一連の技術群を開発する。
- 6 建築ストック研究センター（2013 年度予算:5,000 千円）（2 年目） P. 74
日本がこれから迎える超高齢社会において、あらゆる世代が満足して住み続けることができるよう、都市部に数多く存在する既存共同住宅を主な研究対象として、地域社会、建築、インフィル（内装・設備）をいかに再生するかを研究する。
- 7 パワーエレクトロニクス研究センター（2013 年度予算:10,400 千円）（1 年目） P. 84
消費電力削減のキー技術であるパワーエレクトロニクスにおいて、要素技術であるデバイス製作から応用技術である電力系統連系技術までの出口を見据えた垂直統合型研究を行う。デモンストラータとして 10kW 高周波非接触給電技術を開発する。
- 8 ソフトウェア開発技術教育研究センター（2013 年度予算:2,820 千円） P. 90
産業界におけるソフトウェア開発技術者不足やソフトウェアの品質低下という問題に対して、開発現場で利用可能な形式検証技術をはじめとするソフトウェア開発技術とその教育方法を研究し、ソフトウェア開発技能(技術を使用する能力)をもつ質の高い人材を各工学分野に関わる産業界に輩出する。
- 9 脳科学ライフテクノロジー寄附研究センター（2013 年度予算:5,000 千円）（4 年目） P. 99
財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。
- 10 グリーンイノベーション研究センター（2013 年度予算:10,000 千円）（1 年目） P. 106
財団法人新機能素子研究開発協会からの寄付金を基金とし、同財団で実施されてきたパワーデバイスの研究など、持続可能な地球を実現する鍵であるグリーンイノベーション研究の推進、プロジェクトへの参画、実践的な人材の育成を目指す。

【各研究センターの成り立ち】

該当 番号	事業名等	概要
1～7	文部科学省 戦略的研究基盤形成支援事業	本事業は、私立大学が、各大学の経営戦略に基づいて行う研究基盤の形成を支援するため、研究プロジェクトに対して重点的かつ総合的に補助を行う事業であり、もってわが国の科学技術の進展に寄与するものである。 http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/1218299.htm
8	(独)情報処理推進機構 ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業 〔※2012 年度採択事業 事業期間完了後～継続研究活動中〕	本事業は、我が国のソフトウェア工学の振興を通じて、ソフトウェア工学の先導的研究及びその成果の産業界への移転促進並びにソフトウェアの社会的認知の向上を図り、ソフトウェアの信頼性向上に貢献することを目的とし、中長期的な波及効果として、社会を支える IT 基盤の信頼性向上、産業の国際競争力強化、ソフトウェア工学分野の研究人材の育成を促進することも企図している。
9	(財)脳科学ライフテクノロジー研究所	左記財団からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。
10	(財)新機能素子研究開発協会	左記財団からの寄附金を基金とし、持続可能な地球を実現する鍵であるグリーンイノベーション研究の推進、プロジェクトへの参画、実践的な人材の育成を目指す。

プロジェクト番号

S0901012

平成21年度～平成25年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学3 研究組織名 先端工学研究機構4 プロジェクト所在地 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 3075 研究プロジェクト名 ライフサポートテクノロジー研究センター6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
米 田 隆 志	システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 14 名9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
米田隆志	システム理工学部・教授	動的拘縮除去システムの開発	研究統括及び支援機器開発
浦野四郎	システム理工学部・教授	退行性変化に関する薬学的研究	退行性変化因子の解明
福井浩二	システム理工学部・准教授	記憶刺激と退行性変化に関する研究	退行性と脳機能に関する関連解明
吉見靖男	工学部・准教授	神経機能代行デバイスに関する研究	支援機器インタフェース開発
小山浩幸	システム理工学部・教授	患者シミュレータの開発	具体的な支援機器開発
柴田政廣	システム理工学部・教授	血流と組織再生に関する研究	組織再生に関する研究
田中英一郎	システム理工学部・准教授	パワーアシストスーツの研究	支援機器機構および制御の開発
山本紳一郎	システム理工学部・教授	退行性変化による神経反射の研究	生体生理情報の計測と評価
川上幸男	システム理工学部・教授	空圧制御による操作力アシスト研究	支援機器用要素技術の開発
壁井信之	システム理工学部・教授	人工臓器の開発に関する研究	人工臓器による支援技術開発

プロジェクト番号

S0901012

(共同研究機関等) 市岡 滋	埼玉医科大学・教授	血管再生に関する研究	組織再生の基礎検討
新海 正	東京都老人研究所・研究員	老化とホルモンの関連研究	老化による認知症発生機所解明
中澤公孝	東京大学・教授	水中歩行訓練機の開発	歩行に対する神経反射の計測
高橋良至	東洋大学・准教授	高齢者運転機能の計測評価研究	高齢者のマクロ的な機能解明

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
人工臓器の開発に関する研究	システム理工学部 生命科学科・教授	馬場 敦	人工臓器による支援技術開発

(変更の時期:平成23年4月1日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	システム理工学部 生命科学科・教授	壁井 信之	人工臓器による支援技術開発

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究はコメディカル(co-medical)の立場から、退行性疾患の発症機序や生命現象を科学的に明らかにし、その予防法を確立することで発症に伴う生体機能不全治療のための新規診断法の開発の道を開くとともに、発生した機能不全を回復させることで高齢者のQOL向上に貢献することを最終目標とする。このためには、機能不全の回復や機能維持のための先進的な装置及び手法の開発を科学的根拠に基づいて行う研究である。本研究の特色は、生命科学現象の科学的な解明に基づいた実用性の高い装置開発を行う点にある。このためには老化に伴う退行性変化の原因究明や退行性変化によりどの機能を補綴することが支援装置開発のポイントとなるかの生命生体活動の解明が重要なポイントとなる。このため、本研究では装置開発のものづくりを担当する研究者だけでなく、生命現象をバイオテクノロジーレベルで解明する研究者や、ものづくりに必要となる血流や神経反射等の生命現象の解明を担当する研究者からなる研究体制を構築し、境界領域分野の研究を実施する。本研究の成果により実用的な支援機器の開発が可能となるとともに、生命現象解明で得られた成果は、生理学的、生化学的な生体の退行性変化防御の指標として活用することも可能である。これらを通して、高齢となって寝たきり状態で老後を過ごすのではなく、年齢を重ねても元気で活動的に社会活動に参加可能なQOLの高い高齢者を輩出し、高齢社会による社会的な疲弊を防ぐ重要かつ意義のある研究プロジェクトである。

(2)研究組織

本学システム理工学部生命科学科に所属する教員を中心に、学内で関連する研究に従事しているシステム理工学部機械制御システム学科、工学部応用化学科の教員が参加して組織する。研究代表者は研究全体の統括を行っており、各研究者の研究状況や共同プロジェクトの推進を行っている。各研究者には個別テーマが与えられており、毎年その成果を報告書の形で提出するとともに、適宜必要に応じて打ち合わせを行っている。また、研究者、大学

プロジェクト番号

S0901012

院生、PD による合同研究発表会を定期的実施している。

学外からは、本研究プロジェクトに密接に関係する医師、老化研究の専門家、神経科学の専門家、ライフデザインの専門家に協力してもらい、エンジニアだけの狭い視野での研究とならないようにしている。これらの外部共同研究者とは、個別テーマごとにできるだけ頻繁に研究打ち合わせを実施している。

尚、2011年3月でメンバーであった馬場敦教授が退職し、人工臓器そのものの研究者が不在となったが、新たに採用された壁井信行教授がアドバイザーとして加わることで研究を継続している。

(3) 研究施設・設備等

本学先端工学研究機構棟に約400平米の部屋を確保し、ここで各教員グループの垣根をなくして共同で研究を行っている。この部屋には大学院生、PD を含めて常時10名～15名が使用している。また、設備については従来から保有していた超音波診断装置や生体運動機能計測システムを継続して使用している。超音波診断装置はピーク時には連日10時間以上使用するが、平均すると週に10時間程度の使用状況である。生体運動機能計測システムは、一度の計測に時間がかかるため、ほぼ毎日約4時間使用されている。平成22度には、脳機能の計測が可能な光トポグラフィ装置を設備として購入した。多くの研究との結びつきが考えられ、共同で利用されている。現状でもほぼ毎日使用(約 1,200 時間/年)されており、今後の研究発展の鍵になるものと考えられる。

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

老化因子の解明及び支援機器の開発ともに成果は着実に出てきている。各教員が個別に実施しているテーマならびに教員が共同で取り組んでいるテーマともに順調に進捗した。論文についても随時発表しており、達成度としては十分と考える。基礎的な研究成果を機器開発に有効に取り入れた研究グループとしての成果を出すことを今後は進めていきたい。以下に成果の代表的なものを述べる。

1) 脳神経の退行性変化解明とその防御

ラットに酸化ストレスを与えると、神経細胞死を誘発し認識機能不全を認めること、その要因が異常タンパク質、脂質の発生に起因すること、脳中の認識機能を司る海馬領、アルツハイマー病に見られるアミロイド色素が発現することが明らかにになっている。それに関連して、アルツハイマー病では血中に副腎皮質ホルモンであるコルチコイドが異常に分泌されることが知られている。これらの関連から、多量のコルチコイドと認識機能障害との関連を調べるためラットを用い、コルチコステロンを投与し認識機能障害を誘発するかを明らかにすることを行った。神経伝達に必須のドッキングタンパク質である SNARE が酸化ストレスにより損傷を受け、神経伝達機能不全をきたすことは明らかであり、ドッキング不全により、その後起きる膜脂質混合での膜融合が開始されないことも神経伝達不全の要因の一つと考えられる。また、ビタミン E がこれらの酸化損傷を抑制し、伝達機能の恒常性を保つことも可能と考える。このことは、アルツハイマー病患者の SNARE タンパク質低下と関連しており、この患者にビタミン E を投与すると病態の進展が顕著に抑得られることが示唆された。

2) 応力負荷時における皮膚毛細血管血流の観察

褥瘡は、軟部組織の微小血管が外部応力によりつぶれることが原因といわれている。そのため、実際の医療看護の現場においても体圧分散寝具の使用や体位変換などにより虚血状態を持続させないことが有効な褥瘡予防法となっている。しかし、外部応力と微小循環動態の関係について物理学的視点から定量的に解析した研究は少なく、現場での経験的な知識に基づいた処置に頼らざるを得ないのが現状である。本研究では、ヒト皮膚毛細血管血流観察用の CCD カメラ一体型顕微鏡に外部応力負荷装置を組み合わせることにより、定量的に皮膚を圧迫した時の毛細血管血流の変化を観察した。また、任意の応力を加えた時の血管挙動について観察を行い、応力が血流に及ぼす影響を明らかにした。

3) 空気圧人工筋を用いた免荷式歩行訓練システムの開発

脊髄損傷者の歩行機能回復に関する研究は、脊髄損傷を負わせたネコヘットレッドミル歩行訓練を施し、受動ステップングを与える実験で歩行機能が回復したこと、ヒト不完全脊髄損傷者へ免荷歩行訓練で歩行機能回復の兆しを見せたこと等が報告されている。また、機械的に歩行訓練を補助できる Lokomat と呼ばれる製品も開発されている。しかしながら、脳卒中の患者数は、国内・国外問わず脊髄損傷者よりも多く、また脊髄損傷と異なり脳卒中は上位中枢が損傷を受けているため、免荷歩行訓練による末梢からの刺激入力が脳神経系へどのような影響を与えるか明らかになっていない。脳卒中片麻痺者の歩行に関する研究は世界中でされており、今後の脳卒中片麻痺者への正しいニューロリハビリテーションの手法確立が期待されており、脊髄損傷者や脳梗塞片麻痺者のニューロリハビリテーションに適用できる免荷歩行訓練システムの開発を行った。

4) モビルスーツ型全身動作補助機を用いた歩行ニューロリハビリテーションの検討

高齢者に対する介護負担の増加が問題視されており、この対策のひとつとして様々なパワーアシスト装置が各研究機関で開発されている。これらには制御に筋電情報を使用したもの、空気圧アクチュエータを使用したもの、操作者の力を増幅するもの、等がある。筋電の使用は、操作者の意思を反映できる一方で、装着者に合わせた較正や実装のノウハウが必要である。このため、健常男性を対象に下肢補助ユニットを使用し、歩行中の脳血流変化をNIRSにて計測した。その結果、左右対称的な脳血流の変化がみられたことから、適切な歩行支援が行われている可能性が示唆された。したがって、上肢・体幹補助にて全身で生体動作し、患者の目的を満たす条件で実施する効果は物理的・心理的にも重要である。また、下肢補助ユニットに上肢補助ユニットを加えた全身動作補助機を使用したときの歩行と、通常歩行時の健常者における脳活動についてNIRSを用いて計測および比較し、本装置の運動学習に対する有用性および歩行時の腕振りの効果を検討した。さらに、トレッドミル上と廊下を歩行したときの脳活動の変化を評価した。

<優れた研究が上がった点>

機器開発では、エアー駆動による従来にない歩行訓練装置を開発した。これは、モータ式にはない柔軟性と安全性を持っているとともに、人の筋肉と同じ構造でアクチュエータを配置することが可能であり、従来にない訓練効果が期待できる。学会においても注目されている。人による評価を実施することで、新たな訓練方法も開発可能である。

また、歩行訓練装置で使用されている要素技術を展開して、歩行訓練装置や意識障害者用ステップング装置の実用化に向けた研究も進めている。これは、意識障害患者に対して拘縮予防のために立位でのステップングを行う装置であり、従来にない小型で簡便な装置を試作することができている。今後は製品化を目指す予定である。

<問題点>

個々の基礎的な研究成果を機器開発にいかにより有効に取り入れていくかが課題である。一部共同での研究も実施されつつあり、今後は基礎研究実施者と機器開発設計者のコミュニケーションをさらに良くして研究成果に結びつけていく必要がある。

<評価体制>

自己評価については、毎年2回の報告書作成時に各メンバーが実施している。また、メンバー相互の話し合いの中での評価が日常的に実施されている。

外部評価については、次年度研究費申請時に、研究の進捗状況についても外部評価委員により評価されている。また、昨年度より毎年1回外部識者による評価が行われている。

実用化につながる装置開発は、本研究プロジェクトの重要な課題であるので、常にこの点に注意しながら研究を実施している。特許につながるアイデアや装置も確実に出てきており、一部特許化を進めている(3件)

<研究期間終了後の展望>

(本プロジェクト終了後における研究の継続の有無、有の場合は今後の研究方針、無の場合は当該研究施設・装置・設備の活用方針を記述してください。)

これまで培ってきた、プロジェクトメンバー内のコミュニケーションを良くして、基礎研究の成果を取り込んだ科学的エビデンスに基づく装置の実用化を今後も目指していく。また、 balan

プロジェクト番号

S0901012

スのとれた研究組織であることから、次年度以降も継続していく予定である。特に、設備として購入したNIRSを用いた福祉機器の評価については今後競争が激しくなることが予想され、良い装置を開発した上での評価手法の確立が重要となる。このため、リハビリテーション分野に絞った形で研究組織を再編してチャレンジしていくことを検討する。

＜研究成果の副次的効果＞

（研究成果の活用状況又は今後の活用計画（実用化・企業化の見通しや、特許の申請があればその申請状況・取得状況等）について、記述してください。）

退行性変化に対する支援装置開発は着実に実施されており、実用化を目指してさらに進めていく。一方で、装置の効果が科学的根拠に基づくものであるかの検証を通して、より効果的な訓練手法や新たな装置の可能性についても積極的に取り組んでいく。また、再生医療が今後発展することが期待されるので、再生医療も考慮された新しい装置開発も実施していく。これらを通して、退行性変化そのものの機所解明・予防に役立てるとともに、退行性変化に対処できる装置開発を通して元気な高齢社会を実現することが最大の成果となる。

12 キーワード（当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。）

- (1) 老化 (2) 退行性変化 (3) 支援装置
 (4) リハビリテーション (5) 高齢者介助 (6) _____
 (7) _____ (8) _____

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

著者名	論文タイトル			
Kobayashi N., Machida T., Takahashi T., Takatsu H., Shinkai T., Abe K. and *Urano S	Elevation by oxidative stress and aging of Hypothalamic-Pituitary-Adrenal activity in rats and its prevention by vitamin E			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Clinical Biochemistry and Nutrition	有	45	2009	207-213

著者名	論文タイトル			
Takatsu H., Ogata M., Fukui K., Takeda T., Endo T., and *Urano S	Inhibitory effect of <i>Lysichiton camtschaticense</i> extracts on Fe ²⁺ /ascorbate-induced lipid peroxidation in rat kidney and brain homogenates			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Natural Medicines	有	63	2009	364-367

著者名	論文タイトル			
Takatsu H., Owada K., Abe K., Nakano M., and *Urano S.	Effect of vitamin E on learning and memory deficit in aged rats			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Nutritional Science and Vitaminology	有	55	2009	389-393

著者名	論文タイトル			
*Fukui K., Urano S., and Koike T.	Releasing factors from mature neurons modulate microglial survival via purinergic receptor activation			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Neuroscience Letters	有	456	2009	64-68

著者名	論文タイトル			
*浦野四郎	酸化ストレスと老化により発現する退行性変化・認識機能低下とビタミンEによる防御			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
ビタミン	有	83	2009	85-93

著者名	論文タイトル			
*浦野四郎	酸化ストレスと老化による認識機能不全とその抑制			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
分子精神医学	無	9	2009	83-86

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
Sato H., Takahashi T., Sumitani K., Takatsu H., and *Urano S.	Glucocorticoid generates ROS to induce oxidative injury in the hippocampus, Leading to impairment of cognitive function of rats			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Clinical Biochemistry and Nutrition	有	47	2010	224-232

著者名	論文標題			
*Fukui K., Takatsu H., Koike T., and Urano S.	Hydrogen peroxide induces neurite degeneration: Prevention by tocotrienols			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Free Radical Research	有	45	2011	681-691

著者名	論文標題			
Arai M., Saito M., Takatsu H., Fukui K., *Urano S.	Dysfunction of the fusion of pre-synaptic plasma membranes and synaptic vesicles caused by oxidative stress, and its prevention by vitamin E			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Alzheimer's Disease	有	24	2011	759-766

著者名	論文標題			
Vladychenskaya E., Tyulina O., *Urano S., and Boldyrev A.	Rat lymphocytes express NMDA receptors that take part in regulation of cytokine production			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Cell Biochemistry and Function	有	29	2011	527-533

著者名	論文標題			
*浦野四郎	老化による認識機能低下とその防御			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
International Life Science Institute	無	106	2011	9-17

著者名	論文標題			
Kaneai N., Arai M., Takatsu H., Fukui K., and *Urano S.	Vitamin E inhibits oxidative stress-induced denaturation of nerve terminal proteins involved in neurotransmission			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Alzheimer's Disease	有	28	2012	183-189

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
*Fukui K., Ushiki K., Takatsu H., Koike T., and Urano S.	Tocotrienols prevent hydrogen peroxide-induced axon and dendrite degeneration in cerebellar granule cells			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Free Radical Research	有	46	2012	184-193

著者名	論文標題			
*Fukui K., Kawakami H., Honjo T., Ogasawara R., Takatsu H., Shinkai T., Koike T., and Urano S.	Vitamin E deficiency induces axonal degeneration in mouse hippocampal neurons			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal Nutritional Science and Vitaminology	有	58	2012	377-383

著者名	論文標題			
Uangpairaj P, Shibata M	Evaluation of vascular wall elasticity of human digital arteries using alternating current-signal photoplethysmography			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Vasc Health Risk Manag	有	9	2013	283-295

著者名	論文標題			
Tanaka S, Shibata M (他 9 名)	Development of a new aortoscope system for the use of endovascular intervention			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc	有		2012	5765-5768

著者名	論文標題			
Osakabe N, Shibata M	Ingestion of cocoa ameliorates endothelial dysfunction in mesentery arterioles induced by high fat diet in rats: an in vivo intravital microscopy study.			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Life Sci	有	10	2012	1196-2000

著者名 *	論文標題			
Yukio Kawakami, Kazuhisa Ito, Masashi Ogawa, Akiyoshi Horikawa, Koji Shioda, Kiono Nagai	Development of Articulated Manipulators with Pneumatic Cylinders			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
International Journal of Automation Technology	有	5	2011	478/484

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
Eiji Murayama, Yukio Kawakami, Kazuhisa Ito	Development of New Articulated Manipulators with Compact Pneumatic Cylinders			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation	有		2012	

著者名 *	論文標題			
池原忠明・田中英一郎・永村和照・田宮高信・深谷直樹	脚部密着型歩行補助機の開発			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
設計工学	有	4 4	2009	458-464

著者名 *	論文標題			
Tadaaki IKEHARA, Eiichirou TANAKA, Kazuteru NAGAMURA, Takanobu TAMIYA, Takurou USHIDA, Kenichi HASHIMOTO, Sho KOJIMA, Kiyotaka IKEJO, Louis YUGE	Development of a Closed-Fitting-Type Walking Assistance Device on Leg with a Self-Contained Control System			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal of Robotics and Mechatronics	有	2 2	2010	380-390

著者名 *	論文標題			
田中英一郎・池原忠明・佐藤友亮・遊佐広和・伊藤和寿・三枝省三・中川慧・青景遵之・弓削類	脚部非固定式歩行補助機の開発と筋電による補助効果の検討			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
日本機械学会論文集C編	有	7 7	2011	1119-1132

著者名 *	論文標題			
Eiichirou Tanaka, Tadaaki Ikehara, Hirokazu Yusa, Yusuke Sato, Tomohiro Sakurai, Shozo Saegusa, Kazuhisa Ito, Louis Yuge	Walking-Assistance Apparatus as a Next-Generation Vehicle and Movable Neuro-Rehabilitation Training Appliance			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal of Robotics and Mechatronics	有	5	2012	851-865

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
池原忠明・田中英一郎・永村和照・池条清隆・小島翔・梶原陽介・今出亘彦・弓削類	密着型歩行補助機の小形・軽量化と支援効果の検証			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
設計工学	有	48	2013	144-150

著者名	論文標題			
H. Ogata, D.G. Sayenko, E. Yamamoto, T. Kitamura, S. Yamamoto, T. Miyoshi, K. Kamibayashi, K. Nakazawa	Effect of spinal cord injury and its lesion level on stretch reflex modulation by cold stimulation in humans			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Clinical Neurophysiology	有	122	2011	163-170

著者名	論文標題			
S. Shimba, N. Kawashima, Y. Ohta, S. Yamamoto, K. Nakazawa	Enhanced stretch reflex excitability in the soleus muscle during passive standing posture in humans			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
J. Electromyol. Kinesiol	有	20	2010	406-412

著者名	論文標題			
T. Miyoshi, T. Kihara, H. Koyama, S. Yamamoto, T. Komeda	Automatic detection method of muscle fiber movement as revealed by ultrasound images			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Medical Engineering & Physics	有	31	2009	558-564

著者名	論文標題			
H. Ogata, D. Sayenko, E. Yamamoto, T. Kitamura, S. Yamamoto, T. Miyoshi, K. Kamibayashi, K. Nakazawa	Sympathetic Effect on Stretch Reflex of the Relaxed Muscle is Inhibitory, not Facilitatory, in Humans			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
J. Physiological Sci.	有	59	2009	473-473

著者名	論文標題			
加藤智久, 佐藤稔, 山本紳一郎, 米田隆志, 中澤公孝	噴流を用いた他動運動装置の開発 —第二報 噴流の噴出周期とステップング運動の関係—			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
生体医工学	有	48	2010	476-481

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
加藤智久, 佐藤稔, 山本紳一郎, 米田隆志, 中澤公孝	噴流を用いた他動運動装置の開発 —第一報—			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
生体医工学	有	48	2010	133-138

著者名 *	論文標題			
柴田芳幸, 三好扶, 山本紳一郎	空気圧人工筋を用いた免荷歩行訓練装置の開発～拮抗二関節筋と拮抗単関節筋のフィードバック制御～			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
生体医工学	有	48	2010	175-180

著者名	論文標題			
笹川 直人, 三好 扶, 山本紳一郎	逆説的筋線維長動態とヒト身体重心位置との関係性			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
日本生体医工学会誌	有	47	2009	244-249

<学会発表> 100 件以上あるため、代表例を記す

発表者名 *	発表標題		
Mohamad Aswan, Shin-Ichiro Yamamoto, Yoshiyuki Shibata, Shingo Imai, Tatsuya Nobutomo, Tasuku Miyoshi,	Development of body weight support gait training system using antagonistic bi-articular muscle model		
学会名	開催地	発表年月	
IEEE EMBS	サンディエゴ	2012 年 8 月	

著者名 *	論文標題			
Tadashi Shinkai, Koji Fukui	Effects of Endocrine Disruptors on Aging in Rats			
雑誌名		開催地	発表年月	
The 20 th IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics			June 23-27, 2013	

著者名 *	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Tadashi Shinkai, Shiro Urano	Long-term vitamin E deficiency induces axonal degeneration in mouse hippocampal neurons			
雑誌名		開催地	発表年月	
The 20 th IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics			June 23-27, 2013	

プロジェクト番号

S0901012

著者名 *	論文標題			
Koji Fukui, Hiroaki Kawakami, Reiko Ogasawara, Tatsuki Honjyo, Hirokatsu Takatsu, Tadashi Shinkai, Shiro Urano	Appearance of axonal degeneration in hippocampal neurons of vitamin E-deficient mice			
雑誌名			発表年月	開催地
The 16 th biennial meeting for the Society for Free Radical Research International (SFRRRI)			Sep 6-9, 2012	

著者名 *	論文標題			
Nozomi Kaneai, Hirokatsu Takatsu, Koji Fukui and Shiro Urano	Inhibitory Effect of Vitamin E on Denaturation of Nerve Terminal Proteins for Neurotransmission Caused by Oxidative Stress			
雑誌名			発表年月	開催地
International Conference on Food Factors (ICoFF) 2011			Nov. 20-23, 2011	

著者名 *	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano	Low concentration of Hydrogen peroxide induces neurite degeneration: and neuroprotective effect by Tocotrienols			
雑誌名			発表年月	開催地
International Conference on Food Factors (ICoFF) 2011			Nov. 20-23, 2011	

著者名 *	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano	Low concentration of hydrogen peroxide induces neurite degeneration, and prevention of it by tocotrienols			
雑誌名			発表年月	開催地
9th Asia / Oceania Congress of Geriatrics and Gerontology			Oct. 23-27, 2011	

著者名 *	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano	Vitamin E prevent neurite degeneration in hydrogen peroxide treated neurons			
雑誌名			発表年月	開催地
the Society for Free Radical Research International (SFRRRI) XV meeting, and joint meeting the Society for Free Radical Research Biology and Medicine (SFRRBM) at 17 th annual meeting			Nov.20, 2010	

著者名	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano, Tatsuro Koike	Releasing Factors from Mature Neurons Modulate Microglial Survival via Purinergic Receptor Activation			
雑誌名			発表年月	開催地
Neuroscience 2010, 40 th annual of meeting			Nov.15, 2010	

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano	Reactive Oxygen Species Induce Neurite Degeneration, and Its Prevention by Vitamin E			
雑誌名			発表年月	開催地
Asian Aging Core for Longevity Research and Education 2010 Jeju Conference			Aug.22-24, 2010	

著者名	論文標題			
Koji Fukui, Hirokatsu Takatsu, Shiro Urano	Reactive oxygen species induce neurite degeneration of primary mouse cerebral granule neurons			
雑誌名			発表年月	開催地
5 th joint meeting of The Societies for Free Radical Research Australia and Japan			Dec.1-4, 2009	

著者名	論文標題			
Uangpairoj P, Shibata M	Simulation of Vascular Volume Pulsation of Radial Index Artery			
雑誌名			発表年月	開催地
Proc Eur Modeling Simulation			2012.8	

著者名	論文標題			
Shibata M	Oxygen consumption by arteriolar wall during enhancement and inhibition of nitric oxide synthesis			
雑誌名			発表年月	開催地
IFMBE Proceedings			2011.10	

著者名	論文標題			
Shibata M, Uangpairoj P, Komeda T	Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy			
雑誌名			発表年月	開催地
Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc			2011.7	

著者名	論文標題			
Eiji Murayama, Yukio Kawakami, Kazuhisa Ito	Development of New Articulated Manipulators with Compact Pneumatic Cylinders			
雑誌名			発表年月	開催地
Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation			2012	

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
Takeshi SHIRAISHI, Eiji MURAYAMA, Yukio KAWAKAMI, Kazuo NAKANO	Approximate Simulation of Pneumatic Steady Flow Characteristics in Tubes with Friction			
雑誌名			発表年月	開催地
Proceedings of the 8th JFPS International Symposium on Fluid Power			2011	

著者名	論文標題			
H. Ihara, S. Yamamoto, N. Kawashima	NOVEL APPROACH FOR UNDERSTANDING POSTURAL CONTROL STRATEGY USING REAL-TIME FEEDBACK MOVABLE FORCE PLATE			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 7th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium			2013.3	Bundun

著者名 *	論文標題			
M Azuwan, T. Nobutomo, S. Yamamoto	ANTAGONISTIC MONO- AND BI-ARTICULAR ACTUATORS CONTRACTION MODEL FOR BODY WEIGHT SUPPORT GAIT TRAINING SYSTEM			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 7th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium			2013.3	Bundun

著者名 *	論文標題			
M Azuwan, T. Nobutomo, S. Yamamoto,	Antagonistic Mono- and Bi-Articular Pneumatic Muscle Actuator Control for Gait Training System using Contraction Model			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 4th IEEE BIOSIGNALS AND ROBOTICS			2013.8	

著者名	論文標題			
M. Ishizawa, S. Yamamoto, A. Forner-Cordero	Electromyographic analysis of transient postural responses to anterior-posterior platform translations			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 4th IEEE BIOSIGNALS AND ROBOTICS			2013	

プロジェクト番号

S0901012

著者名	論文標題			
S. Yamamoto, H. Tabei, M. Ishizawa	Influence of translation frequency on postural control strategy during passive postural movement.			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The Proceedings of 19th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)			2012.9	

著者名	論文標題			
H. Ihara, S. Yamamoto, N. Kawashima.	NOVEL APPROACH FOR UNDERSTANDING POSTURAL CONTROL STRATEGY USING REALTIME FEEDBACK MOVABLE FORCE PLATE			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The Proceedings of 19th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK)			2012.9	

著者名	論文標題			
T. Kitamura, T. Nakajima, S. Yamamoto, K. Nakazawa	Effect of sensory inputs on the motor evoked potentials in the wrist flexor muscle during the robotic passive stepping in humans.			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The proceedings of 34th Annual International Conference of the IEEE EMBS,			2012	

著者名	論文標題			
M. Ishizawa, S. Yamamoto	Effect of inclined support surface on postural strategy during anterior-posterior platform translations.			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The proceedings of 34th Annual International Conference of the IEEE EMBS			2012	,

著者名 *	論文標題			
M Azuwan, Y Shibata, M Azuwarie, S. Yamamoto	Pneumatic Muscle Actuator Kinematic Analysis for Bi-Articular Muscle of Lower Limb AIRGAIL Orthosis			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 34th Annual International Conference of the IEEE EMBS			2012	

プロジェクト番号

S0901012

著者名 *	論文標題			
M Azuwan, M Azuwarie, M Hussein, S. Yamamoto	DEVELOPMENT OF ASSISTIVE ROBOTIC ARM FOR STROKE REHABILITATION			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The 6th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium			2012.2	Bangkok

著者名 *	論文標題			
Y. Shibata, S. Imai, T. Nobutomo, T. Miyoshi, S. Yamamoto:	Development of Body Weight Support Gait Training System using Antagonistic Bi-articular Muscle Model,			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The proceedings of 32th Annual International Conference of the IEEE EMBS			2010.8	Alzentin

著者名 *	論文標題			
Y Shibata, R Aoyama, S Imai, T Miyoshi, S Yamamoto	Development of body weight support tread-mill training system powered by pneumatic Mckibben actuator,			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The proceedings of 4th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium			2010.2	Tokyo

著者名 *	論文標題			
Y. Shibata, T. Miyoshi, S. Yamamoto	Development of Gait Training System Using Bi-articular Muscle Model			
雑誌名/学会名			発表年月	開催地
The proceedings of 3rd South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium			2009.2	Malaysia

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

<既に実施しているもの>

シンポジウムとしては、2009 年 10 月に本センターのキックオフシンポジウムを実施し、100 名強の参加者があった。また、2010 年度にはSIT総合研究所シンポジウムに参加し、研究の進捗状況について報告した。また、2011 年 11 月にはライフサポート学会大会の大会長をプロジェクト代表者が勤め、本センターメンバーもこれに積極的に参加し、成果を公表した。インターネットについては、学内で統一したホームページを作成中であり、これに合わせて広く公開していく予定である。

<これから実施する予定のもの>

シンポジウムについては毎年最低 1 回は実施し、広く成果を公表する。

プロジェクト番号

S0901012

学会については、関連分野の学会に積極的に参加するとともに、論文投稿をできるだけ増やして成果を公表する。

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び＊を付してください。
※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

意識障害者用立位ステッピング装置の開発について、企業との共同研究が立ち上がりつつあり、来年度を目標に公的資金を導入して実用化を目指す計画である。

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

なし

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

研究成果としての論文数が少ない

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

中間報告書には、研究メンバー1名につき1本の代表的な論文だけを記載したために上記留意事項が記載されていた。

実際には研究メンバーが複数論文発表しており、今回の報告書では約半数を記載した。

プロジェクト番号

S01001009

**平成 22 年度～平成 25 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究成果報告書概要**

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 先端工学研究機構

4 プロジェクト所在地 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 環境微生物生態工学の国際研究拠点の形成

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
正留 隆	工学部 応用化学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 10 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
正留隆	工学部・教授	環境中の汚染物質の検出と定量	環境中の様々な汚染物質の検出
濱崎啓太	工学部・准教授	化学物質と生物の相互作用	生物反応を用いて環境中の有害物質の作用機構の解明
布施博之	システム理工学部・教授	海洋微生物の生態解析	海洋性メタン酸化細菌などの生態と機能解析
岩田健一	システム理工学部・准教授	メタ開裂酵素の構造と機能解析	X線結晶構造解析
(共同研究機関等) 山根久和	帝京大学・教授	環境負荷低減化	植物の生育解析
丸山明彦	(独)産業技術総合研究所・審議役	微生物の定量法の開発	微生物の生態解析
ディン チュ ハング	ベトナム国立大学准教授	海洋生物の検索	メタンハイドレート関連生物の解析
今田千秋	東京海洋大学教授	海洋環境の把握	海洋調査

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

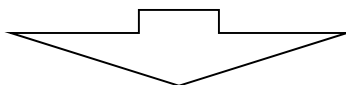
プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
生物的環境浄化	システム理工学部・教授	大森俊雄	様々な環境汚染物質の生物的環境浄化と微生物の環境問題

プロジェクト番号

S01001009

解決への応用研究

(変更の時期:平成 24 年 2 月 29 日)



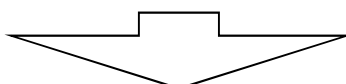
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
難分解性化合物の遺伝子伝播	東京大学・准教授	野尻秀昭	微生物動態の解析

(変更の時期:平成 24 年 3 月 31 日)



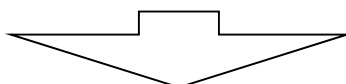
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
有害物質の生分解	(独)産業技術総合研究所・研究員	羽部浩	嫌気条件下での有害化合物の分解能を解明

(変更の時期:平成 24 年 3 月 31 日)



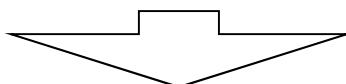
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
タンパク質の構造と機能解析	サラワク大学・講師	アズハム ズルカムナイン	細菌の酵素タンパク質の機能と応用

(変更の時期:平成 24 年 3 月 31 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

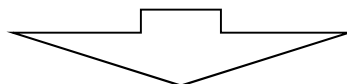
旧

プロジェクト番号

S01001009

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
農業生物の遺伝解析	マンダレー工科大学 講師	アウンゴコ オオー	窒素固定能とアンモニア生成 能の解析

(変更の時期:平成 24 年 3 月 31 日)



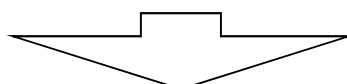
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 25 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	東京海洋大学 教授	今田千秋	海洋調査

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

単離された微生物に関しては、ゲノムの塩基配列の解析など、分類・遺伝・生理学的な面などから研究がなされてきている。しかし、99%をこえる微生物は未だに分離不能で、環境中の微生物コンソーシア(複合共同体)を合目的的に制御する技術は確立されていない。そこで、微生物コンソーシアをエネルギー・環境の面から実用的に制御・利用していくために国際的に連携し技術開発を行う。全体としては、微生物コンソーシアの制御・利用に関し、環境保全の観点から、・微生物叢の動態、・生態系中の物質の流れ、・個々の微生物の改良と適用の3つを中心として、基礎技術の開発を進めていくと共に、東南アジアの国々においてそれら技術の実用的展開を図っていく。具体的には、①タンカーの事故、メタンハイドレートや油田の開発による海洋への炭化水素化合物の漏出が予想される産油国のマレーシアやベトナム等と共同して、汚染や漏出の指標となる微生物検索やマーカー遺伝子の開発と利用を図る。②現在、既に分離されているセルロース資化性菌と窒素固定菌の微生物複合系等を用いてアンモニア生産性の向上をはかり、マレーシアやミャンマーと共同してそれらの土地での実用化実験を試みる。③ダイオキシン汚染地域を有するベトナムのグループと共同し、ダイオキシン分解酵素を構成的に二倍量生産出来る新規高分解活性の変異微生物による汚染土壌の処理を試みるとともに、ダイオキシン分解系遺伝子の解析と操作等を行い、分解酵素・微生物の分解性能の向上を図る。

(2) 研究組織

本研究プロジェクトは、上記の個々の研究課題について、布施教授が①、大森教授が②③(主にベトナムのダイオキシン汚染)、岩田准教授が②③(主にダイオキシン分解系遺伝子の解析と操作)を主に推進し、全体を代表者正留教授が統括する形となっている。外国人研究者については、2010 年度にベトナムのハング准教授とマレーシアのズルカムナイン講師、

2011 年度にミャンマーのオオー講師とマレーシアのズルカムナイン講師、2012 年度にベトナムのハング准教授が来日し、それぞれ約4週間研究を行ってそれぞれの国での研究成果を補足・発展させると共に今後の方向を確認した。また、2010 年度に布施教授と岩田准教授がベトナム・ミャンマー、大森教授がミャンマーを訪問して、それぞれの国での現状を基に研究の打ち合わせを行っている。国内共同研究者とは、それぞれの研究課題の下に訪問等により情報交換を行っている。ポスドク研究員 1 名が 2010 年の 10 月から 2012 年の 8 月までの約 2 年間本プロジェクトの遂行に携わり、大学院生としては MC の学生が、2010 年度は 1 名、2012 年度が 8 名、2013 年度が 13 名、卒論生も 2011・2012・2013 年度は毎年 10 数名研究に加わっている。他に、重点的な研究活動については短期的に派遣職員の雇用も行っている。

(3) 研究施設・設備等

主に先端工学研究機構棟の 301 室(約 200m²)において、本学教員3名・ポスドク研究員1名・外国人共同研究者3名・派遣職員 1 名および大学院生・卒論研究生二十数名により使用されている。

主要研究装置とその使用状況(1 年間あたり)は以下の通りである。

タンパク質間相互作用解析装置 (BiaCore X100) : 500時間

質量分析計システム (TRACE DSQ GC-MS) : 500 時間

タンパク質精製装置 (AKTA FPLC) : 500 時間

スタックブルインキュベーター : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

インキュベーター : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

超純水製造装置 (Milli-Q) : 200 L

高速冷却遠心機 : 400 時間

超低温フリーザー : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

クロマトチャンバー : 常時 (365 x 24 h = 8760時間)

クリーンベンチ : 1000 時間

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

① 研究項目の一つの柱は、微生物コンソーシアの制御・利用に関し、微生物叢の動態の解析手法の開発を行っていくことである。そのためには、微生物コンソーシアの機能・作用の鍵を握る微生物を明らかにするとともに、その機能・作用を担う遺伝子を明らかにし、それらの検出手法を開発する必要がある。本プロジェクトにおいては、具体的には、タンカーの事故、メタンハイドレートや油田の開発による海洋への炭化水素化合物の漏出に際し、汚染や漏出の指標となる微生物の検出やマーカー遺伝子の開発と利用を図ろうとするものである。その中でも特に短鎖炭化水素を中心とした解析を行ってきた。これは、実際の問題としては、短鎖の鎖状炭化水素は揮発しやすいものの長鎖のものより一般に毒性が強いことが報告されており、短期の影響評価の観点から重要と考えられることや、2010 年のメキシコ湾での原油流出のような実際の流出において、主要成分となりうること、特にその中でもメタンについては、炭素循環や地球温暖化への影響において重要なこと、メタンハイドレート開発において、メタン漏出の検出手法が求められていたこと等による。また、もう一方では、従来、メタンとアンモニアの酸化に関してのみ知られていた酸化酵素系が、我々の報告を含め、広く短鎖炭化水素の分解にも関与していることが明らかとなりつつあり、特に海洋においては、それらが主要な働きをしていることが予想された。そのため、それを利用

して、環境中におけるメタン・アンモニア・短鎖炭化水素酸化に関する微生物の解析に用いる手法の開発が可能と考えられた。

そこで、全体の流れとして、プロジェクトの初期においては短鎖を主とする炭化水素類（メタン・エタン・エチレン・プロピレン・i-ブタン）の分解菌の探索・分離を行いつつ、我々が保存しているそれら分解菌の既分離株も用いて、それらの菌の性状の解析を行うとともに、それらの株の有する初発酸化系の解析を行い、その遺伝子の解析を行って、その遺伝子の特徴から、それらの遺伝子の環境中からの直接検出用の手法の開発を行ってきた。

エタンに関しては、海洋から初めてエタン酸化性菌を分離し、それらが、メタン酸化性菌とアンモニア酸化細菌の他にほとんど報告のなかった膜結合型メタンモノオキシゲナーゼ（メタン初発酸化酵素）型遺伝子（*pmo*）を2セット有すること等を明らかにしてきた。その初発酸化遺伝子のクラスター（DNA上で、関連する遺伝子が集合して存在する場所）については、クローニング（遺伝子の一部分だけを取り出すこと）がうまくいかずに手間取ったが、PCR *in vitro* Cloning 法等を用いてほぼ塩基配列の解析を終了することができた。この2つのクラスターの転写について、各種基質の培養下で検討したところ、一方が構成的に転写されており、もう一方の転写条件は確認されなかった。*pmo* 系遺伝子の大腸菌での発現例はなく、本菌の遺伝子も発現には成功しなかった。そのため、この2つのクラスターが、実際にエタンの酸化に関与しているかについて判断は難しいが、*pmo* 系の酵素は銅を活性中心とし、銅欠乏条件では活性が低下することが知られており、本菌においても銅欠乏条件において活性の低下が見られているので、おそらく、一方がエタンの酸化にも関与しているものと推定される。この菌は、分類的にはメタン酸化性菌で構成されている *Methylococcaceae* 科に属していることから、その他の代謝系の構成やメタン代謝との関連が注目され、今後、ゲノムの塩基配列の決定を行って、その関連を明らかにしていきたい。

エチレン酸化についても海洋から初めての分離株が、上記のエタン酸化性菌のものに近縁な、アルケン酸化性菌としては本菌で初めて見つかった *pmo* 型初発酸化系の遺伝子を有しており、その株を *Haliea* 属と同定するとともに、その遺伝子の構成としては、その初発酸化系の遺伝子が、他のアルケン酸化性菌と同様なエポキシアルカンコエンザイム M トランスフェラーゼ (EaCoMT) の遺伝子と1つのオペロンを形成していることを明らかにした(*1)。

新規プロピレン酸化性菌も海洋から分離しており、この菌に関しては、上記エチレン酸化性菌と近縁であることがわかったが、その初発酸化酵素遺伝子部分を含む約 20kb の塩基配列の決定を行ってその解析を行ったところ、そのプロピレンの初発酸化酵素は上記のエチレンの場合と異なり、他のアルケン酸化性菌と同じように可溶型メタンモノキシゲナーゼ型遺伝子(*smo*)を持つことがわかった。

海洋性 i-ブタン酸化性菌の一株については、グラム陽性の *Rhodococcus* 属の細菌であったが、やはり *pmo* 型遺伝子をもち、その *pmo* 型遺伝子は、グラム陰性である上記エタン酸化性菌の遺伝子と近縁であった。

メタン酸化に関しては、主に陸上の系に関しては古くから各所で研究が行われてきており、メタン酸化性菌の分離・関連酵素・遺伝子の解析も行われてきていて、メタン酸化性菌検出に関しても、*pmoA* 遺伝子を検出するための *pmoA189f* と *mb661* の PCR プライマーセットが最もよく使われてきた。我々も東部南海トラフ海域の底泥に生息するメタン酸化性菌の検出でもこの条件を使用して、東部南海トラフ海底泥におけるメタン酸化性菌の分

布状況を明らかにしてきた。また、その過程において、*pmoA*の系統解析を行う中で、*pmoA*の系統がメタン湧出域系統（高濃度メタンに対応）と非メタン湧出域系統（低濃度メタンに対応）に分けうる可能性を指摘してきた。

さらに、我々は今まであまり報告の無かった海洋から、多くのメタン資化性菌の分離を行っている。うち1株は2013年に新種(*Methylomarinum vadi*)としての登録を行っている。それ以前に海洋由来のメタン資化性菌で種が記載されているものは数種しかなく、我々の分離株(*Methylomicrobium japanense*)はそのうちの1種である。海洋のメタン資化性菌の検出に関しては、*M. japanense*の遺伝子配列などの情報を基に、上記のプライマーセットに比し、より海水にメタン資化性菌の検出に適している新たなプライマーセットが提案されている。我々もいくつかのプライマーセットを用いてメタン資化性菌の検出の検討を行い、Tavormina等によって提案されたwcpmoA189fとwcpmoA661rが日本近海の海水中のメタン資化性菌の検出に優れていることを確認した。ただし、その配列を用いても、表層水等のメタン資化性菌の菌数が少ないところの試料については、検出が難しかった。そこで、さらに我々の保存株の有する*pmo*クラスターの塩基配列の情報等を基に、プライマーセットを作り、それを用いて2回PCR(Nested PCR)による*pmoA*遺伝子の検出系を開発した。今回合成したプライマー(newpmoCf - newpmoB1r)によって、今まで検出できなかったところ(外洋などメタン濃度の低い所)での検出が可能となった。2012年の夏には日本海上越沖のメタン湧出域付近の海域においてメタン資化性菌の検出の検討を行った。沖合(メタン湧出域)の表層と低層、沿岸表層におけるメタン酸化細菌の分布は大きく異なっており、沖合(湧出域)表層の方では*M. japanense*系統のグループが優占していた。海水系でのメタン酸化細菌の多様性と分布は、その菌数が少ないこともあって、まだ十分に特徴付けられていない。今後、この手法の適用を図り、それらの特徴を明らかにしていきたい。

②窒素固定を中心とした生態系中の物質の流れの解析では、セルロース分解との共役等による窒素固定能の向上とその実地での適応を目指してきた。グルコースを炭素源として生育できる窒素固定菌を、土壌を菌株の分離源としてスクリーニングを行い、その結果得られた数種の菌株は、低い炭素源濃度において比較的高濃度のアンモニアを菌体外に蓄積することが明らかとなった(*4)。その中でも*Lisobacter* sp. E4株は窒素固定により、より多くのアンモニアを生成することは確認されている。しかしながら直接セルロースを分解し、資化することは出来ない。セルロース分解菌とE4株などの窒素固定細菌を共生させることでバイオセルロースを用いてアンモニアを生成することが期待できるため、土壌中のセルロース分解菌を用いてろ紙を分解させ、窒素固定細菌を加えて培養を行った。セルロース分解菌の分離には成功したが、共生によるアンモニアの生成は確認できず、窒素固定細菌と相性の良いセルロース分解菌を探索し、アンモニアの生成する培養条件のさらなる検討を行う必要がある。

また、ミャンマーとの共同研究でセルロース資化性の窒素固定菌*Azomonas* sp. OM4株と*Azomonas* sp. V1株を取得することに成功した。しかしながら、この株のアンモニア生成にはトレースエレメントとして酵母エキス(0.1 g / L)を必要とし、稲わら、トイレトペーパー、セルロースパウダーを用いて培養した結果、OM4株ではそれぞれ、2.3 ppm、1.5 ppm、2.0 ppmのアンモニアを生成し、V1株ではそれぞれ2.0 ppm、4.3 ppm、2.8 ppmのアンモニアを生成したが、炭素源を加えないコントロールにおいてもOM4株、V1株それぞれ1.0 ppm、2.8 ppmのアンモニアを生成した。この原因はトレースエレメントに加えた酵母エキスを炭素源に使用していることが考えられる。また、すでに取得された菌株を用いて作成した堆肥をミャンマーの農

地に用いたところ、作物の生育期間の短縮や収量の増加など良好な結果が得られている。

③個々の微生物の改良と適用に関しては、主にダイオキシン分解に関与する微生物の機能の解明・向上と現場への適応を目指してきた。

カルバゾール資化性新規海洋性細菌群のカルバゾール分解系遺伝子 *car* 遺伝子群の解析を行った。それらの細菌群の OC9 株、OC6S 株、OC11S 株、OC13S 株の遺伝子構造は、既知の海洋性細菌と異なる構造をしており、海洋環境での *car* 遺伝子の多様性が示唆された(*2,3,5)。

カルバゾール分解に関与する酵素群は類似の骨格を持つダイオキシン類の分解も行うため、カルバゾール資化性菌 *Pseudomonas resinovorans* CA10 株のメタ開裂酵素 CarBaBb(カルバゾール分解系の2番目の酵素で酸素原子が付加されたカルバゾール分子の環状部分の一部を切断する酵素)を酵素機能の解明と機能向上の一つのモデルとして用いている。そのメタ開裂酵素 CarBaBb は活性中心を持つラージサブユニット CarBb と、安定化に寄与していると考えられるスモールサブユニット CarBa の二つのサブユニットで構成されているが、そのラージサブユニット CarBb の安定化条件の検討(*8)、スモールサブユニット CarBa とラージサブユニット CarBb を融合したフュージョン CarBab の作製(*6)、CA10 株のスモールサブユニット CarBa の 6～8番目の α ヘリックス(タンパクの分子構造の一種)を削除した変異酵素(CarBa_{d6-8Bb})を発現するプラスミドの構築を行ってきた。スモールサブユニット *carBa* とラージサブユニット *carBb* の間にスペーサーDNA を挿入することでサブユニットの会合メカニズムを明らかにすることを目的とした。スペーサーDNA を挿入するために *carBa* と *carBb* の間に4つの制限酵素サイトを付加したベースプラスミドベクターを構築した。挿入 DNA には 16S rDNA の部分配列を利用し 250bp、500bp、1000bp の機能を持たないジャンク DNA を用いた。(*i1, i3)

カルバゾール分解に関与する酵素群(初発酸化酵素 CARDO、メタ開裂酵素 CarBaBb、加水分解酵素 CarC)の生体内での関連を解明し、これらの機能を効率よく向上させるための情報を得るために酵素間の相互作用解析を行った。本年度はメタ開裂酵素 CarBaBb と加水分解酵素 CarC の相互作用解析を行った。それぞれの酵素のタンパク質発現用プラスミドを構築し大腸菌を用いて酵素タンパク質を発現させ、供雑物を取り除くためカラムクロマトグラフィー(AKTA FPLC)にて精製を行った。精製タンパク質を用いてタンパク質間相互作用解析を行った(BiaCore X100)。(※i2, i4)

現場への適用としては、ダイオキシン分解菌である *Novosphingobium* sp. KA1 株の培養液からダイオキシン分解系遺伝子群の調節遺伝子が破壊され、かつ分解系の遺伝子が遺伝子重複により2倍に増大した変異株を得ており、ベトナムのダイオキシン汚染土壌にこの株の適用を試みた。方法は培養菌を直接添加するバイオオーグメンテーションによるものであったが、ダイオキシンの除去効果はあまり見られなかった。原因については、用いたベトナムのダイオキシン汚染土壌の pH が低めであり、KA1 株の生育にとって条件があまりよくなかったためと考えられる。

<優れた成果があがった点>

地球上での炭素・窒素循環に重要であり、工業的応用も期待されるメタンモノオキシゲナーゼの膜結合型に類似の遺伝子(*pmo*)については、メタン資化性菌とアンモニア酸化細菌以外では今まで報告がなかったが、短鎖炭化水素資化性菌において初めてそのクラスターを明らかにした。

上記 *pmo* 遺伝子を利用した、海水中の低菌数のメタン資化性菌検出のための新規手

法を提唱し、日本海における調査を行って、その有効性を確認した。

ダイオキシン分解能を持つカルバゾール資化性菌 CA10 株由来 CarBaBb のサブユニットを融合した CarBab の発現プラスミドを作製し、酵素活性を菌体レベルで確認できた。これにより一体型酵素とサブユニット型の酵素との比較が可能になった。

メタ開裂酵素のスモールサブユニット *carBa* とラージサブユニット *carBb* の間に遺伝子を挿入可能なベースプラスミドを構築した。これによって異なる遺伝子配列を挿入可能となった。

メタ開裂酵素 CarBaBb と加水分解酵素 CarC の発現、精製の条件を決定することができた。

<問題点>

メタ開裂酵素 CarBaBb と加水分解酵素 CarC には相互作用はみられなかった。しかしながらカルバゾール分解にはこの 2 つの酵素の他に初発酸化酵素 CARDO も関与しているため生体内では 3 つの酵素が存在することで安定な状態になることも考えられる。今後は 3 つの酵素の相互作用解析を実施する予定である。

分解菌の現場への適応に関しては、土壌条件をより正確に把握して適応することが求められる。

<評価体制>

(研究プロジェクトの目標等に照らした自己評価の実施や、その結果を研究費等の資源の配分へ反映させるためのルール of 適切な設定、また、本プロジェクトに係る費用対効果(かけた費用に見合う効果が見られるか)について、どのように分析しているか。また、それらについて、外部(第三者)による評価を受ける体制ができているか等について記述してください。)

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

<研究期間終了後の展望>

(本プロジェクト終了後における研究の継続の有無、有の場合は今後の研究方針、無の場合は当該研究施設・装置・設備の活用方針を記述してください。)

継続: 有

本プロジェクトで海洋からの新規微生物の取得や、生態系の調査技術の進展が見られたことから、さらにそれを発展させ、東京海洋大学の今田千秋教授との連携を強めるとともに、その方面の海外研究者も加え、江戸っ子 1 号を改良・活用することにより海洋からの生理活性物質・有用微生物・酵素の取得を主とする方向に発展させていく。

<研究成果の副次的効果>

(研究成果の活用状況又は今後の活用計画(実用化・企業化の見通しや、特許の申請があればその申請状況・取得状況等)について、記述してください。)

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) ダイオキシン (2) 窒素固定 (3) メタンモノオキシゲナーゼ
 (4) バイオレメディエーション (5) メタ開裂酵素 (6) アンモニア生成
 (7) メタンハイドレート (8) 炭化水素分解

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

Hirayama H., Fuse H., Abe M., Miyazaki M., Nakamura T., Nunoura T., Furushima Y., Yamamoto H., Takai K., *Methylo Marinum vadi* gen. nov., sp. nov., a marine methanotroph isolated from two distinct marine environments in Japan. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **63 1073-82(2013)**

吉田光毅、帆秋利洋、沖田紀子、藤原靖、布施博之、平田敦洋、荒田直;メタンハイドレート賦存海域に生息する微生物を指標とした環境モニタリング手法の研究. *大成建設技術センター報* **45 (2012)**

***1 Suzuki T., Nakamura T. and Fuse H.** Isolation of two novel marine ethylene-assimilating bacteria, *Halia* species ETY-M and ETY-NAG, containing particulate methane monooxygenase-like gene. *Microbes and Environments*. **27**(1) 54-60 (2012)

***2 Ito Y., Maeda R., Iwata K. and Omori T.** Genetic characterisation of genes involved in the upper pathway of carbazole metabolism from the putative *Kordiimonas* sp. *Biotechnol Lett.* **33**(9) 1859-64(2011)

***3 Maeda R., Ishii T., Ito Y., Zulkharnain AB., Iwata K. and Omori T.** Isolation and characterization of the gene encoding the chloroplast-type ferredoxin component of carbazole 1,9a-dioxygenase from a putative *Kordiimonas* sp. *Biotechnol Lett.* **32**(11) 1725-31(2010)

***4 Iwata K., Azlan A., Yamakawa H. and Omori T.** Ammonia accumulation in culture broth by the novel nitrogen-fixing bacterium, *Lysobacter* sp. E4. *J Biosci Bioeng.* **110**(4) 415-8 (2010)

松井徹、奈良浩太、茂野俊也、岩田健一、大森俊雄, 好熱性脱窒細菌 TDN01 株を用いた実排水浄化処理, *環境科学会誌* **23** 171-6 (2010)

Masadome T., Nakamura K., Iijima D., Horiuchi O., Tossanaitada B., Wakida S., and Imato T. Microfluidic polymer chip with an embedded ion-selective electrode detector for nitrate-ion assay in environmental samples. *Analytical Sciences*, **26**(4) 417-423 (2010)

Yoshioka H., Maruyama A., Nakamura T., Higashi Y., Fuse H., Sakata S. and Bartlett DH. Activities and distribution of methanogenic and methane-oxidizing microbes in marine sediments from the Cascadia Margin. *Geobiology*. **8** 223-33 (2010)

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

吉田光毅、平田敦洋、沖田紀子、帆秋利洋、逸見彰大、荒井麻理、布施博之、鋤崎 俊二、荒田直; 第二渥美海丘の底泥と水柱におけるメタン酸化やアンモニア酸化等に係る微生物の分布特性 第5回メタンハイドレート総合シンポジウム 東京 2013年12月

逸見彰大、阿久津祥吾、四方麻妃、塩谷達也、江農、布施博之、寺原猛、今田千秋、吉田光毅、平田敦洋、沖田紀子、荒田直; 水柱試料を対象とした微生物検出手法の検討と新潟沖メタン湧出域水柱に生息するメタン酸化細菌 第5回メタンハイドレート総合シンポジウム 東京 2013年12月

逸見彰大、布施博之、吉田光毅、沖田紀子、帆秋利洋、今田千秋、寺原猛; 新潟沖メタン湧出域におけるメタン酸化細菌 第29回日本微生物生態学会 鹿児島 2013年11月.

飯島智祐、鈴木敏弘、丸山明彦、布施博之; 海洋性短鎖炭化水素資化菌の諸性質とその初発酸化酵素遺伝子 第29回日本微生物生態学会 鹿児島 2013年11月.

千葉翔子、木村勇太、橋爪大輔、山岡正英、若泉博大、岩田健一; 石油中に含まれる芳香族化合物資化性海洋性細菌の探索と解析 日本農芸化学会 仙台 2013年3月

Suzuki T., Kato A., and Fuse H. Isolation of two novel marine ethylene-assimilating bacteria, *Haliea* species ETY-M and ETY-NAG, containing particulate methane monooxygenase-like genes. Molecular Basis of Microbial One-Carbon Metabolism (Gordon Research Conferences), Lewiston ME United States, 5-10 August 2012.

Kato A., Suzuki T., Morishita N., and Fuse H. Genetic analysis of putative ethylene monooxygenase gene clusters in the marine ethylene-assimilating bacteria *Haliea* sp. ETY-M and ETY-NAG. 9th APMBC, Kochi Japan, 13-16 July 2012.

Suzuki T., Furumatsu S., and Fuse H. Biological and genetic characteristics of a novel marine propylene-assimilating bacterium, *Alteromonadaceae* strain PE-TB08W. 9th APMBC, Kochi Japan, 13-16 July 2012.

吉田光毅、沖田紀子、帆秋利洋、逸見彰大、布施博之、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直 第二渥美海丘海洋産出試験地の海底泥における好気性メタン酸化細菌を含む底泥微生物の分布特性について 第4回メタンハイドレート総合シンポジウム 東京 2012年12月

鈴木敏弘、古松星来、森下直紀、布施博之; 海洋性プロピレン資化性細菌の単離・特徴およびアルケン酸化関連遺伝子の比較 日本農芸化学会 京都 2012年3月

大場進太郎、前田臨太郎、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄; 海洋由来のグラム陽性 *Terrabacter* sp. OC11 株が有するカルバゾール分解遺伝子の解析 日本農芸化学会 京都 2012年3月

千葉翔子、前田臨太郎、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄; 陸生・海洋性細菌のカルバゾール分解系遺伝子構造の解析と比較 日本農芸化学会 京都 2012年3月

石部貴映、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄; メタ開裂酵素の多様性と新たな class の提唱 日本農芸化学会 京都 2012年3月

小和田真純、茂野俊也、岩田健一、大森俊雄; カルバゾールを分解する新規海洋性細菌の分布に関する研究 日本農芸化学会 京都 2012年3月

Maeda R., Suzuki T., Oba S., Iwata K., and Omori T. Isolation and analysis of genes involved in carbazole degradation in the Gram-positive marine isolate *Terrabacter* sp. strain OC11. 6th SEATUC Symposium, Kumtt Thailand, 6-7 March 2012

Suzuki T. and Fuse H. *Haliea* sp. ETY-M and ETY-NAG monooxygenase genes and gaseous hydrocarbon degradation. 6th SEATUC Symposium, Kumtt Thailand, 6-7 March 2012

Fuse H., Suzuki T., Nakamura T., Okita N., Yoshida K., and Hoaki T. Short chain hydrocarbon degradation by marine microorganisms, Japan-China International Forum of Advanced Research on Biotechnology 2011, Tokyo. 11 November 2011

Iwata K., Azlan A. and Omori T. Characterization and structure of the extradiol dioxygenase involved in carbazole degradation by *Novosphingobium* sp. KA1. 5th SEATUC Symposium, Hanoi University of Science & Technology. 24-25 February 2011

***5 Ito Y, Maeda R., Zulkharnain A., Iwata K. and Omori T.** Analysis of carbazole-degrading marine bacterium and genes involved in carbazole degradation. 5th SEATUC Symposium, Hanoi University of Science & Technology. 24-25 February 2011

布施博之、鈴木敏弘、中村孝道、吉田光毅、沖田紀子、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直；メタン検出に関わる膜結合型メタンモノオキシゲナーゼ関連遺伝子とその保持微生物について 第3回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-3) 東京 2011年12月

吉田光毅、沖田紀子、布施博之、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直；東部南海トラフ海域における硫黄ならびにメタン循環に係る微生物の分布 第3回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-3) 東京 2011年12月

鈴木敏弘、中村孝道、布施博之；海洋性エチレン資化性細菌におけるガス炭化水素の分解特性と初発酸化酵素遺伝子の解析 第27回日本微生物生態学会 京都 2011年11月

***6 伊藤慶彦、前田臨太郎、岩田健一、大森俊雄**；カルバゾール分解に関与するメタ開裂酵素 CarBaBb の改変酵素 CarBab の解析 日本農芸化学会 京都 2011年3月

伊藤慶彦、Azham Zulkharnain、前田臨太郎、岩田健一、大森俊雄；海洋性カルバゾール分解細菌 OC9 株が有するカルバゾール分解系遺伝子の解析 日本農芸化学会 京都 2011年3月

丸山明彦、北村恵子、秋庭綾、布施博之、Elsaid E. H.；日本沿岸の石油汚染浄化に寄与する微生物群集の特徴と浄化手法開発に有効な模擬石油汚染実験・評価系 2011年度日本海洋学会春季大会 千葉 2011年03月

Iwata K., Azlan A., Yu S-S. and Omori T. Ammonia Production by Novel Wild-Type Nitrogen-Fixing Bacteria in Culture Broth. *BIT's 3rd Annual World Congress of Industrial Biotechnology*, Dalian China, 25-27 July 2010

Ito Y, Iwata K., Maeda R. and Omori T. Analysis of xenobiotic degrading genes from new marine carbazole degraders. *BIT's 3rd Annual World Congress of Industrial Biotechnology*, Dalian China, 25-27 July 2010

Kitamura K., Elsaid H. E., Fuse H. and Maruyama A., Evaluation of marine microbial diversity and bioremediation techniques concerning oil spill around Japan. The 13th International Symposium on Microbial Ecology, Seattle US, 26 August (2010)

吉田光毅、沖田紀子、布施博之、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直；東部南海トラフ海域におけるメタン酸化細菌の分布、2010年度日本海洋学会秋季大会、網走市、2010年9月

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

※ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

IBC 国際シンポジウム(2010 年 11 月 27 日開催)

2011 年度 芝浦工業大学 SIT 総合研究所シンポジウム(2011 年 12 月 3 日)

SIT 総研としての HP

<これから実施する予定のもの>

* i1 Natsumi S. and Kenichi I. Analysis of a two subunit Extradiol dioxygenase derived from *Pseudomonas resinovorans* CA10. The 8th SEATUC Symposium, UniversitiTeknolgi Malaysia, 4-5 March 2014. *

* i2 Shinya I. and Kenichi I. Interaction of *Pseudomonas resinovorans* CA10 carbazole -degrading enzymes. The 8th SEATUC Symposium, UniversitiTeknolgi Malaysia, 4-5 March 2014.

* i3 柴崎夏美、岩田健一; 日本農芸化学会 東京 2014 年 3 月

* i4 井上慎也、岩田健一;カルバゾール分解酵素群の相互間作用解析 日本農芸化学会 東京 2014 年 3 月

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

プロジェクト番号

S1001008

平成 22 年度～平成 25 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」

研究成果報告書概要

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所

4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5、埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 ポータブル強磁場マグネットシステムの開発と応用

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
村上 雅人	工学部 材料工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 15 名

9 該当審査区分 理工・情報

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
村上 雅人	工学部・教授	マグネットシステム開発・ バルク超伝導体の高性能化	プロジェクトのとりまとめ
井上 和朗	工学部・特 任教授	超伝導体の高性能化・ 高温超伝導体の応用開発	強磁場マグネット用超伝導材 料の評価・高性能マグネット システム応用
高崎 明人	工学部・教授	超伝導体の高性能化	超伝導体の機械特性の向上
中山 千秋	SIT総合研 究所・教授	強磁場マグネット応用開発・バ ルク超伝導体のプロセス	強磁場マグネット応用のとり まとめ・高性能マグネット材料 の提供
塩崎 忠	SIT総合研 究所・教授	超伝導体の高性能化	組織制御による超伝導材料 高度化
工藤 一彦	SIT総合研 究所・教授	マグネットシステム開発	マグネット冷却システムの設 計
吉久保 誠一	SIT総合研 究所・教授	強磁場マグネット応用開発	本システム応用分野の開拓

プロジェクト番号

S1001008

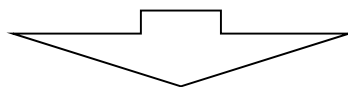
(共同研究機関等) 和泉 充	東京海洋大学・教授	強磁場マグネット応用開発・バルク超伝導体マグネットシステム	システム全体の構築・海洋分野への強磁場マグネット応用検討
長嶋 賢	鉄道総研	強磁場マグネット応用開発・バルク超伝導体の浮上応用	本システムの応用検討・鉄道分野への強磁場マグネット応用検討
越智 光夫	広島大学・教授	強磁場マグネット応用開発	再生医療への強磁場マグネット応用検討
佐保 典英	(株)フジヒラ・研究員	マグネットシステム開発	強磁場マグネットシステムの設計と応用検討
丸山 忠克	淡路マテリア(株)・研究部長	超伝導体の高性能化	超伝導材料プロセスおよびその強化方法の検討
平櫛 真男	セイコー化工機(株)・技術開発係長	強磁場マグネット応用開発	ケミカルポンプへの応用検討
秋山 慎一	(有)マグネオ技研・社長	強磁場マグネット応用開発	マグネットの回転機器への応用
関 宏範	淡路マテリア(株)・研究員	強磁場マグネット応用開発	超伝導材料プロセス開発

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
超伝導体の高性能化	工学部・教授	大田 正人	高性能マグネットプロセスの検討

(変更の時期:平成23年 3月 31日 理由:退職による)



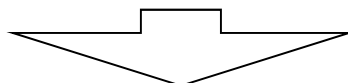
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

旧

プロジェクト外での研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
強磁場マグネット応用開発	大学院理工学研究科・博士研究員	関 宏範	超伝導材料プロセス開発

(変更の時期:平成23年 4月 1日)



新

プロジェクト番号

S1001008

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
大学院理工学研究科・ 博士研究員	淡路マテリア(株)・研究員	関 宏範	超伝導材料プロセス開発

11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

手のひらの上に載るポータブル強磁場マグネットシステムを開発することで、専門家でなくとも超伝導の強磁場を自由に利用できる社会を実現する。強磁場は、医療現場や、薬品製造、各種製造現場、宇宙、化学分析などに広く利用されるうえ、研究者が自由に強磁場を利用できるようになれば、新しい物理現象の発見にもつながる。

平成 21 年度は、強磁場発生のための RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体の高性能化を材料組成およびプロセスの最適化を通して行う。平成 22 年度は鉄系形状記憶合金リングで補強したバルク超伝導体を用いて、その冷却システムおよび励磁システムを開発し、ポータブル強磁場マグネットシステムの設計と、その応用機器への実装化についても検討を行った。

平成 23 年度は、強磁場システム用超伝導材料のシステムへの実装を行うとともに、超伝導ポンプや超伝導ミキサなどの同システムを利用した機器の基本動作の確認を行った。平成 24 年度は、強磁場マグネットシステムの磁場発生特性の評価と、超伝導ポンプ、ミキサなどのプロトタイプ機の作製を行い、試験運転を行う予定である。平成 25 年度は、システムの実機運用も含めて、各種応用分野における強磁場応用について検討する。

(2) 研究組織

強磁場を発生するための RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体の高臨界電流密度化などの高性能化を図るチームと、当該バルク超伝導体を励磁方法なども含めてポータブル強磁場マグネットシステムを構築するチーム、さらに、同システムによってえられる高磁場環境を応用するチームからなる。応用チームは用途開発とともに、現在、利用が検討される再生医療への応用、磁気分離装置への応用、回転機器への応用チームなどから編成される。

(3) 研究施設・設備等

研究施設

SIT 総合研究所 所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 使用総面積 200 m²

先端工学研究機構 所在地 埼玉県大宮市 使用総面積 300 m²

研究設備

試料振動型磁力計 主な使用目的 超伝導材料の評価 事業計画額 12000 万円

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

現在、RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体を製造するための装置および評価装置の整備を行い、合成したバルク超伝導体の評価を行っている。

また、バルク超伝導体高性能化のため、化学組成が超伝導体の特性に及ぼす影響の評価、バルク超伝導磁石の再生医療への応用可能性の検討、バルク超伝導体の浮上回転機器への応用検討、バルク超伝導体励磁のための高温超伝導線材製法に関する研究などを開始している。

＜優れた成果があがった点＞

バルク超伝導体製造においては、その機械強度を向上させるための、バインダー添加の影響、鉄系形状記憶合金による強化、さらに、人工孔設置による効果などの検証を行っており、バインダー添加により前駆体の機械特性が向上し、その結果、最終製品の機械特性が向上することを明らかにした。また、鉄系形状記憶合金の締結により、バルク超伝導体の機械特性が向上するだけでなく、捕捉磁場特性が向上することを確認した。

また、バルク超伝導体の回転機器への応用については、超伝導ポンプの実用化に必要とされる 3500rpm を達成した。また、超伝導ミキサのプロタイプを製作し、実用化に必要とされる回転トルク 30Ncm を達成した。

さらに、バルク超伝導磁石を利用した応用機器として、ひざ軟骨の再生治療用の幹細胞を軟骨欠損部に集中させる技術として、バルク超伝導磁石を応用する際の磁場制御技術についてシミュレーション等を行うとともに、広島大学と共同で、特許を出願した。

＜問題点＞

手のひらに載る超伝導マグネットの実現には、超伝導材料そのものの特性向上（小型化と大電流密度化およびポータブル性を考慮した励磁、冷却システムの開発が必要となる。特性向上に関しては、現在 RE-Ba-Cu-O の RE サイトを複数の希土類元素で置換することによる高性能化が期待されており、その検討を行っている。また、ポータブル性については、励磁源として冷却の簡便な高温超伝導線材によるコイル励磁を考えており、そのための線材開発として、AD 法の適用を試み、良好な結果が得られている。

＜評価体制＞

(研究プロジェクトの目標等に照らした自己評価の実施や、その結果を研究費等の資源の配分へ反映させるためのルールの適切な設定、また、本プロジェクトに係る費用対効果(かけた費用に見合う効果が見られるか)について、どのように分析しているか。また、それらについて、外部(第三者)による評価を受ける体制ができているか等について記述してください。)

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

＜研究期間終了後の展望＞

(本プロジェクト終了後における研究の継続の有無、有の場合は今後の研究方針、無の場合は当該研究施設・装置・設備の活用方針を記述してください。)

強磁場システムの基本となるポータブル強磁場マグネット用高性能超伝導材料の開発とともに、マグネットとして使用するための励磁システムおよび冷却システムの開発を進める。一方で、企業や他機関と共同研究を進めながら、回転機器や、再生医療などへ応用するための技術課題の抽出と、応用開発も進めていく予定である。

＜研究成果の副次的効果＞

(研究成果の活用状況又は今後の活用計画(実用化・企業化の見通しや、特許の申請があればその申請状況・取得状況等)について、記述してください。)

高温超伝導磁石システムは、小空間に強磁場と大きな磁気勾配が与えられるため、再生治療などにおいて、幹細胞を患部に集中させることが可能であり、特許申請を行った。(発明の名称「磁気誘導装置、磁気誘導システム」2010年10月25日、なお本特許はJSTの重要特許として採択され外国出願も行っている。PCT/JP2010/068863)

今後は、その実用化に向けた検討を行う予定である。その他の申請特許を以下に示す

- 1 超伝導バルク体とその製造方法および超伝導バルク磁石 出願番号 2011-80348 出願日 2011.03.31
- 2 超電導バルク体の皮膜形成剤、超電導バルク体用皮膜、並びに皮膜を有する超電導バルク体および超電導バルク磁石 出願番号 2012-75571 出願日 2012.03.29
- 3 超電導バルク体および超電導バルク磁石 出願番号 2012-82224 出願日 2012.03.30

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| (1) <u>バルク超伝導体</u> | (2) <u>超伝導磁石</u> | (3) <u>磁気浮上</u> |
| (4) <u>非接触回転装置</u> | (5) <u>冷却システム</u> | (6) <u>励磁システム</u> |
| (7) <u>材料開発</u> | (8) <u>形状記憶効果</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

＜雑誌論文＞

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1. T. Kinoshita, N. Koshizuka, K. Nagashima, M. Murakami, "A superconducting conveyer system using multiple bulk Y-Ba-Cu-O superconductors and permanent magnets", Physics Procedia vol. 27, p. 192-195, (2012).
2. T. Tsuchiya, T. Kikuchi, S. Takano, N. Koshizuka, M. Murakami, "Effect of magnetic particle additions on flux pinning in bulk Y-Ba-Cu-O superconductors", Physics Procedia vol. 27, p. 156-159, (2012).
3. M. Iwasaki, H. Seki, N. Koshizuka, M. Murakami, "Superconducting properties of Y-Ba-Cu-O bulk with BaSnO₃ addition", Physics Procedia vol. 27, p. 152-155, (2012).
4. H. Seki, Y. Honma, M. Nomura, C. Nakayama, N. Koshizuka, T. Maruyama, M. Murakami, "Reinforcement of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors by using Fe-Mn-Si-Ni shape memory alloy rings", Physics Procedia vol. 27, p. 144-147, (2012).

5. Y. Ikeda, S. Umakoshi, T. Kikuchi, S. Takano, N. Koshizuka, H. Seki, T. Maruyama, M. Murakami, "Optimization of the binder addition methods for bulk Y-Ba-Cu-O superconductors", *Physics Procedia* vol. 27, p. 140–143, (2012).
6. T. Kikuchi, A. Wongsatanawarid, Y. Homma, K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami, "Processing conditions for (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O ternary bulk superconductors", *Physics Procedia* vol. 27, p. 132–135, (2012).
7. M. Kondo, K. Inoue, N. Koshizuka, H. Seki, M. Murakami, M. Hiragushi, S. Akiyama, "Non-contact superconducting pump", *SEATUC Intensive Workshop* vol. 4, pp. 3-5, (2012).
8. K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami, "(Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O superconducting bulk magnet for future MDDS applications", *SEATUC Intensive Workshop* vol. 4, pp. 7-10, (2012).
9. Y. Ikeda, S. Umakoshi, A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami "Enhancement of mechanical strength in Y-Ba-Cu-O bulk superconductor through liquid binder addition", *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 846-849, (2011).
10. S. Umakoshi, Y. Ikeda, A. Wongsatanawarid, C.-J. Kim, M. Murakami, "Top-seeded infiltration growth of Y-Ba-Cu-O bulk superconductors", *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 843-845, (2011).
11. Y. F. Zhang, M. Izumi, Y. J. Li, M. Murakami, T. Gao, Y. S. Liu, P. L. Li, "Enhanced J_c in air-processed $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductor bulk grown by the additions of nano-particles", *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 840-842, (2011).
12. Alev Aydinler, Bakiye Cakir, Hironori Seki, Mehmet Basoglu, Atikorn Wongsatanawarid, M. Murakami, Ekrem Yanmaz, "The Effect of Y_2O_3 Buffer Layer on the Magnetic Properties of Melt-Processed YBCO Superconductor", *J. Supercond. Nov. Mag.* vol. 24 no. 5, p. 1397-1401, (2011).
13. A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami, "Multi-seeding melt growth process of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors for engineering applications", *J. Phys. Conf. Ser.* vol. 234 no. 1, p. 12047, (2010).
14. A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami, "Growth of large bulk Y-Ba-Cu-O with multi-seeding", *Supercond. Sci. Technol.* vol. 23 no. 4, p. 45022, (2010).
15. Y. F. Zhang, M. Izumi, M. Murakami, D. D. Wang, P. L. Li, "Enhanced J_c in air-processed $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductor bulk grown by the additions of two Nd_2BaCuO_5 seeds", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1164-1166, (2010).
16. A. Wongsatanawarid, H. Seki, S. Kobayashi, M. Murakami, "Crack reduction in a large bulk Y-Ba-Cu-O superconductor through liquid binder addition", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1167-1169, (2010).

17. Y. Shimpo, H. Seki, A. Wongsatanawarid, S. Taniguchi, T. Maruyama, T. Kurita, M. Murakami, "The improvement of the superconducting Y-Ba-Cu-O magnet characteristics through shape recovery strain of Fe-Mn-Si alloys", *Physica C*, vol. 470 no. 20, pp.1170-1172, (2010).
18. H. Seki, A. Wongsatanawarid, S. Kobayashi, Y. Ikeda, M. Murakami, "Effects of binder addition on the mechanical properties of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1177-1180, (2010).
19. M. Ikeda, K. Takeda, H. Hasegawa, H. Seino, K. Nagashima, M. Murakami, "Characterization of non-contact torque transfer and switching system for superconducting flywheel", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1224-1226, (2010).
20. H. Kurabayashi, S. Horikoshi, A. Suzuki, M. Ikeda, A. Wongsatanawarid, H. Seki, S. Akiyama, M. Hiragushi, M. Murakami, "Interaction between ring permanent magnets and bulk Dy-Ba-Cu-O superconductors", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1853-1855, (2010).
21. H. Seki, Y. Shimpo, T. Katagiri, M. Murakami, "Fabrication of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors with artificial holes through oxidation of carbon rods", *J. Phys.*, vol. 234 no. 1, p. 12037, (2010).
22. A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami, "Multi-seeding melt growth process of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors for engineering applications", *J. Phys.*, vol. 234 no. 1, p. 12047, (2010).

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

なし

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1. M. Kondo, K. Inoue, N. Koshizuka, H. Seki, M. Murakami, M. Hiragushi, S. Akiyama: Effect of the magnet insertion on the performance of a superconducting pump, November 19, 2013, 26th International Symposium on superconductivity, Tokyo Japan.
2. A. Yamashita, M. Kondo, K. Inoue, N. Koshizuka, S. Akiyama, M. Hiragushi, H. Seki, M. Murakami: Rotational characteristic of superconducting mixers with halbach array magnets, November 19, 2013, 26th International Symposium on superconductivity, Tokyo Japan.
3. J. Ishiwata, M. Miryala, K. Nakazato, Y. Hashimoto, K. Inoue, N. Koshizuka, M. Murakami: Effect of sintering time on the optimal synthesis condition in MgB₂, November 20, 2013, 26th International Symposium on Superconductivity, Tokyo Japan.

4. K. Nakazato, M. Miryala, Y. Hashimoto, J. Ishiwata, N. Koshizuka, K. Inoue, M. Murakami: Effect of growth temperature on superconducting properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ bulk superconductors grown by a seeded infiltration, November 20, 2013, 26th International Symposium on superconductivity, Tokyo Japan.
5. Y. Hashimoto, M. Miryala, K. Nakazato, J. Ishiwata, N. Koshizuka, K. Inoue, M. Murakami: Development of technology for a reliable fabrication of Sm-123 materials in air, November 20, 2013, 26th International Symposium on superconductivity, Tokyo Japan.
6. K. Suzuki, M. Miryala, N. Koshizuka, K. Inoue, M. Murakami: Development of melt-processed $(\text{Nd}, \text{Eu}, \text{Gd})\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ superconductor in air, November 20, 2013, 26th International Symposium on superconductivity, Tokyo Japan.
7. J. Ishiwata, M. Murakami, K. Inoue, M. Muralidhar, Y. Hashimoto, K. Nakazato: Superconducting and flux pinning properties of Mg rich MgB_2 bulk superconductors, October 24, 2013, 7th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics, Cappadocia Turkey.
8. K. Nakazato, M. Miryala, Y. Hashimoto, J. Ishiwata, N. Koshizuka, K. Inoue, M. Murakami: Large single grain $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ bulk superconductors produced by infiltration-growth process, October 24, 2013, 7th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics, Cappadocia Turkey.
9. Y. Hashimoto, J. Ishiwata, K. Nakazato, N. Koshizuka, K. Inoue, M. Muralidhar, M. Murakami: Superconducting properties of BaO_2 added Sm-123 bulk superconductor fabricated in air, October 24, 2013, 7th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics, Cappadocia Turkey.
10. M. Kondo, K. Inoue, N. Koshizuka, H. Seki, M. Murakami, M. Hiragushi, S. Akiyama: Non-contact superconducting pump, March 6, 2013, The 7th South East Asian Technical University Consortium Symposium, Bandung, Indonesia.
11. K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami: $(\text{Nd}, \text{Eu}, \text{Gd})\text{-Ba-Cu-O}$ superconducting bulk magnet for future MDDS applications, March 6, 2013, The 7th South East Asian Technical University Consortium Symposium, Bandung, Indonesia.
12. M. Kondo, K. Inoue, N. Koshizuka, H. Seki, M. Murakami, M. Hiragushi, S. Akiyama: Rotation characteristics of superconducting pumps, December 6, 2012, The 8th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Large Grain Materials, Tainan, Taiwan.
13. K. Otani, M. Murakami, H. Seki: Characterization of bulk superconductor reinforced by Fe-Mn-Si shape memory alloy ring, December 6, 2012, The 8th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Large Grain Materials, Tainan, Taiwan.
14. K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami: Fabrication of Nd-Eu-Gd bulk superconductors in the Ar-gas flowed furnace, December 6, 2012, The 8th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Large Grain Materials, Tainan, Taiwan.
15. M. Murakami, H. Seki, K. Inoue, C. Nakayama, N. Saho, N. Koshizuka, T. Maruyama: Bulk RE-Ba-Cu-O superconductor

magnets for novel drug stay applications, October 24, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

16. M. Iwasaki, M. Murakami, N. Koshizuka, H. Seki: Superconducting properties of Y-Ba-Cu-O superconductors with BaSnO₃ addition, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

17. T. Tsuchiya, T. Kikuchi, S. Takano, N. Koshizuka, M. Murakami: Effects of magnetic particle additions on flux pinning in bulk Y-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

18. T. Kikuchi, Y. Homma, K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami: Processing of (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

19. S. Kawabe, Y. Homma, M. Iwasaki, T. Kinoshita, K. Kihara, T. Tsuchiya, N. Koshizuka, M. Murakami: Evaluation of the crystal growth along the c-axis direction in bulk Y-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

20. T. Kinoshita, M. Murakami, N. Koshizuka, K. Nagashima: A superconducting conveyer system using multiple bulk Y-Ba-Cu-O superconductors and permanent magnets, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

21. K. Kihara, S. Takano, T. Kikuchi, N. Koshizuka, M. Murakami: Effects of combined additions of C and TiH₂ on the superconducting properties of MgB₂ superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

22. C. J. Kim, A. Mahmood, B. H. Jun, S. D. Park, M. Murakami: Liquid infiltration growth processed Y123 superconductors using milled Y211 precursor powders, November 1, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

23. Y. Zhang, S. L. Hu, M. Izumi, M. Murakami: Enhanced performance in superconductor bulks GdBa₂Cu₃O_{7-δ} with additions of nano-particles, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

24. S. Umakoshi, T. Kikuchi, Y. Ikeda, A. Wongsatanawarid, C. J. Kim, M. Murakami: Effects of Y₂O₃ addition on liquid infiltration processed Y123 superconductors, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

25. T. Kikuchi, A. Wongsatanawarid, S. Umakoshi, H. Seki, N. Koshizuka, M. Murakami: (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O ternary bulk superconductors, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

26. Y. Ikeda, S. Umakoshi, A. Wongsatanawarid, H. Seki, N. Koshizuka, M. Murakami: Enhancement of mechanical strength in Y-Ba-Cu-O superconductors through liquid binder enrichment, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

27. 中里 健太, MIRYALA Muralidhar, 石渡 文, 橋本 悠大, 井上 和朗, 腰塚 直己, 村上 雅人: Infiltration-Growth 法

を用いた Y-Ba-Cu-O バルク超伝導体の作製条件の最適化、12 月 5 日、名古屋市、2013 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

28. 谷雅史、土屋拓己、木原健翔、大谷一也、川人雅、近藤勝嵩、鈴木啓太、腰塚直己、村上雅人：樹脂含浸がバルク超伝導体の諸特性に及ぼす影響、11 月 8 日、盛岡市、2012 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

29. 大谷一也、川人雅、近藤勝嵩、鈴木啓太、谷雅史、本間優作、村上雅人、腰塚直己、関宏範：形状記憶合金リングにより補強したバルク超伝導体の特性に及ぼす影響、11 月 8 日、盛岡市、2012 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

30. 川人雅、岩崎弥友、大谷一也、近藤勝嵩、谷雅史、鈴木啓太、鈴木啓太、土屋拓己、村上雅人：BaSnO₃ 添加が Y 系バルク超伝導体の特性に及ぼす影響、11 月 8 日、盛岡市、2012 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

31. 鈴木啓太、村上雅人、腰塚直己、関宏範、井上和朗、鈴木啓太、大谷一也、川人雅、近藤勝嵩、谷雅史：簡易 OCMG 法により製造した Nd-Eu-Gd バルク超伝導体の特性評価、11 月 8 日、盛岡市、2012 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

32. 近藤勝嵩、井上和朗、腰塚直己、関宏範、村上雅人、平櫛真男、秋山慎一：超伝導回転機の実験的評価、11 月 7 日、盛岡市、2012 年秋季低温工学・超電導学会低温工学・超電導学会

33. 岩崎弥友、本間優作、菊池暢、馬越純人、池田洋二、腰塚直己、村上雅人、関宏範：Y-Ba-Cu-O バルク超伝導体における BaSnO₃ 添加による Y₂BaCuO₅ 相の微細化、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

34. 土屋拓己、池田洋二、馬越純人、本間優作、腰塚直己、村上雅人：Y 系バルク超伝導体に磁性粒子を添加した際の影響、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

35. 池田洋二、馬越純人、菊池暢、本間優作、腰塚直己、村上雅人、関宏範、丸山忠克：Y-Ba-Cu-O バルク超伝導体のためのバインダー添加方法の最適化、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

36. 馬越純人、池田洋二、菊池暢、腰塚直己、村上雅人：インフィルとレーション法を用いて合成したバインダー添加 Y123 超伝導バルク体の超伝導特性、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

※ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

- ①2010 年 12 月 2 日(木) 芝浦ハッケン展 SIT 総研・研究報告
発表テーマ「超伝導イノベーション-医療とエネルギー」村上雅人
- ②2011 年 11 月 7 日(月) 芝浦ハッケン展 SIT セミナー
発表テーマ「芝浦工業大学の研究戦略と産学連携」村上雅人
- ③2012 年 12 月 3 日(土) SIT 総合研究所シンポジウム
発表テーマ「ポータブル強磁場マグネットの高性能化と応用開発」村上雅人
- ④ 日経産業新聞 2011 年 1 月 4 日「高温超伝導応用広がる」軟骨治療向け磁石開発へ、広島大、芝浦工大

発見から100年
花開く超伝導
▼ 4
広島大学の越智光夫教授と芝浦工業大学の村上雅人教授らは、高温超伝導材料を使い、損傷した関節の軟骨や筋、骨折部分などを再生する研究に取り組んでいる。送電線や電磁石と違い、電気を流さない強力な永久磁石に加工する。ブタによ

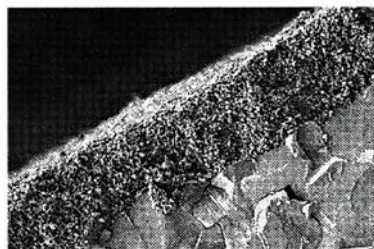
永久磁石で軟骨再生

診断から治療機器へ



る実験では高い治療効果を
確認しており、できるだけ

⑤ 日経産業新聞 2010 年 11 月 10 日、「超電導薄膜、作製速度、最大 100 倍」



成膜した薄膜の電子顕微鏡
写真（上側が超電導薄膜）

芝浦工業大学の村上雅人教授と中山千秋教授らは9日、産業技術総合研究所と共同で電気抵抗がゼロになる超電導薄膜を従来の最大100倍の速さで作れる技術を開発したと発表した。超電導材料の微粒子をガスに分散させたエアロゾル（浮遊粉じん）を室温で基板に吹き付ける。送電ケーブルの微粒子

超電導薄膜

作製速度、最大100倍

芝浦工大など 真空装置不要に

ブルの製法として実用化を目指す。超電導材料には絶対温度39度（セ氏マイナス234度）で電気抵抗がゼロになるニホウ化マグネシウムを使った。この

を分散したエアロゾルを真空装置の中で作る。アルミナ基板に吹き付け取りだした後で熱処理するところ、30分以内に5回の技術で、作製時間が薄膜ができた。薄膜は加熱などの後処理をしなくても、原料の微粒子と同じ性質だった。新製法は、液体窒素（同マイナス196度）を利用するイットリウム系酸化物超電導線材の膜作りにも使えるとみている。同線材はスマートグリッド（次世代送電網）での利用が見込まれるが、現在は製造コストが高いことが課題になっている。新製法を使えば実用化が早まると期待している。

＜これから実施する予定のもの＞

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

現在、本プロジェクトは、淡路マテリアの平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業である「ユビキタス超電導磁石の開発に資する鉄系形状記憶合金の締付技術の高度化」とも協力しながら進めている事業であり、企業として実用化を目指す事業と協力しながら、推進している。

さらに平成 23 年度戦略的基盤技術高度化支援事業である「超伝導ピン止め効果を応用した低発塵回転体の位置決め技術の開発」に採択され、応用開発についても、事業化を目指した研究開発を行っている。

15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

外部評価を求められている。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

外部評価は、SIT総合研究所に所属する全センターを対象とし、大学全体で取り組んでおり、外部評価委員による評価を毎年度実施している。

(2012年度 SIT 総合研究所 点検評価委員会)

日時:2013年3月14日(木) 13:30～16:00

場所:豊洲キャンパス 研究棟5階 大会議室

点検評価委員(4名)

- ・東京大学大学院情報学環 教授 大島 まり 氏
- ・慶応義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 顧問・上席研究員 狼 嘉彰 氏
- ・(独) 東京都立産業技術研究センター 理事長 片岡 正俊 氏
- ・(株) IHI 執行役員 技術開発本部長 朝倉 啓 氏

評価結果

評価者 1

従来は研究室内に留まっていた超伝導研究を、ポータブル強磁場マグネットシステムの開発により実用化に向かって大きな前進させたことは高く評価される。このために、様々な潜在的利用分野から研究者・技術者を募って強力な研究チームを組織し、卓越したリーダーシップの下に顕著な成果を挙げたこと、また、様々な応用可能性を模索しているアプローチも評価される。今後は、利用分野からのシステム要求を精査・吟味し、多くの分野において実用に供する機器開発に成果を挙げられることを期待したい。

評価者 2

バイオ研究にも既に応用されているおり、確立した技術となっていることは高く評価できる。今後は、冷却システムのコンパクト化も含めて研究を進められるということで、産業界でのさらなる応用を期待している。

評価者 3

バルク超伝導体を実用に供するための研究開発で、これまでに多くの成果が上がっていると思う。特にバインダー添加や鉄系形状記憶合金によるバルク体の締結で機械強度の向上と捕捉磁場特性の向上を図られたことは実用化に向けた大きな成果であると思う。回転機器への応用に関しては、オイルフリー・コンタミフリーの産業分野の応用を期待したい。ただ、最終的にコストが実用に耐えうるレベルに

なることが求められるため、研究段階から製造上のコストを意識した開発に取り組んでいただくと一層効果が上がると思われる。また、ひざ軟骨の再生治療への応用は新たな分野への応用として今後の展開を期待したい。本研究開発では、製法に関する発明など、知的財産を保護すべき内容が多いと思われるので、実用化後の収益につなげるためにも、戦略的な知的財産戦略を検討いただきたい。

評価者 4

既に実用化段階であり、企業との共同研究による製品化を期待する。応用範囲の広い技術であり産業界への積極的なPRもお願いしたい。

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	学校法人 芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	集束陽子線描画による三次元柔構造デバイスの創出、統合および超実装工学の推進		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究の目的は、**集束陽子線描画(Proton Beam Writing、PBW)技術**を開発・駆使し、多様なフレキシブル材料の高精度な作製プロセスにより三次元柔構造を実現することである。これにより高度な機能を有する**三次元柔構造デバイス**を創出・統合するとともに、既存の実装の枠組みを超えた新たな超実装工学の概念を提唱し、推進する。ものづくりイノベーションを推進し、社会経済的価値の新たに創造する人材を輩出するとともに、我が国の安全・安心やグローバル化する環境問題に貢献する。

上記の目的を達成するために、**(テーマ1)集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現**、および**(テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進**の2課題を設定し、包括的に研究を推進する。

(テーマ1)において、**PBW によるものづくり基盤技術の開発**および **PBW による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現**に取り組む。(テーマ2)により、**機能発現する PBW 用材料探索**し、それらを対象に PBW 技術を駆使して**三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作**に取り組む。同時に多様な機能を材料レベルで統合化する、**超実装工学の先導的研究**を推進し、ものづくりイノベーションを推進する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

以下の成果を得て、申請時に設定した中間目標を十分達成する見通しである。

(テーマ1)の PBW によるものづくり基盤技術の開発では、PBW における計測・制御技術の高度化のため、ビーム計測用高品位二次標準の作製を電気鋳造により実現した。PBW 専用装置の高度化・安定化 5 か年計画に基づき、イオン誘起蛍光・X 線等による**陽子線誘起反応計測システム**を H25 年度中に導入する。同時に加速器構造に起因する工事を行い、ビーム安定性向上を図った。**陽子線によるナノ空間反応性の研究**において、**エポキシ系、アクリル系樹脂**に加え、**ポリイミド系材料**の PBW 加工の可能性を実験的に検証した。

(テーマ2)では機能発現する PBW 用材料探索に向け、光・電子実装を念頭にテフロン、シリコーン樹脂、ポリイミド、ポリ乳酸等の三次元柔構造体の形成プロセスを開発した。また、ポリイミド上の Cu 配線形成のプロセスを PBW による PMMA 加工と電気鋳造により実現した。**三次元柔構造デバイス実現に向けて**、PMMA 光ファイバ端部の局所加工技術、テフロンモールド作製、シリコーン製**マイクロレンズアレイ**、PET フィルム上微生物捕集デバイス等を開発した。**「超実装」の概念実証モデル**として、機能性を発揮する材料を収納する溝(Groove)を接続穴(Thru-Hole)により連結する、**GTH 構造**を提案し、**超実装工学の先導的研究**を加速しつつある。

プロジェクト番号

S1101007

**平成23年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所フレキシブル実装工学研究センター

4 プロジェクト所在地 先端工学研究機構棟 埼玉県さいたま市見沼区深作307

5 研究プロジェクト名 集束陽子線描画による三次元柔構造デバイスの創出、統合および
超実装工学の推進

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
西川宏之	工学部電気工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 16 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
西川 宏之	電気工学科・教授	PBW 専用装置開発、超実装工学支援プロセスの開発	プロジェクトの総括、テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、2 (超実装工学の先導的研究) 担当
長谷川 忠大	電気工学科・准教授	PBW 専用装置開発、ヘルスケアデバイス応用	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作)
小池 義和	電子工学科・教授	生体適合型圧電体材料と応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
松村 一成	材料工学科・准教授	バイオセンサー応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
大石 知司	応用化学科・教授	デバイス用新規材料探索	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
吉見 靖男	応用化学科・准教授	三次元神経細胞培養への応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
山口 正樹	電子工学科・准教授	強誘電体 MEMS デバイス応用	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
堀口 常雄	通信工学科・教授	光ファイバ・デバイス応用	テーマ2 (超実装工学の先導的研究) 担当
(共同研究機関等) 神谷 富裕	原子力機構・研究主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当

プロジェクト番号

S1101007

石井 保行	原子力機構・ 研究副主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当
前川 康成	原子力機構・ 研究主幹	放射線化学によるナノ空間反応	テーマ1 (陽子線によるナノ空間反応性の研究) 担当
成沢 忠	高知工科大学・教授	キャピラリー集束による大気中照射技術	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当
大木 義路	早大理工学 術院・教授	ポリマー光デバイス開発	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
内田 諭	首都大学東京・准教授	誘電泳動デバイス開発	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
渡辺 徹	ナノプレーティング研究会・代表	電鍍による三次元金属構造形成	テーマ2 (テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
林 秀臣	エコデザイン 推進機構・理事	超実装コンセプトモデルの構築	テーマ2 (超実装工学の先導的研究) 担当

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

該当なし。

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究の目的は、**集束陽子線描画(Proton Beam Writing、PBW)技術**を開発・駆使し、多様なフレキシブル材料の高精度な作製プロセスにより**三次元柔構造**を実現することである。本学のものづくりの伝統に則り、**高エネルギー陽子線**という先端的な**量子ビーム技術**をものづくりイノベーションに結びつけるための研究基盤形成に取り組んでいる。従来の工学の枠組みにとらわれず、バイオ・ナノテク・材料といった境界領域に微細なものづくりでアプローチすることで、新たな価値創造に取り組む。

具体的には、光・電子・化学情報処理機能を有する**三次元柔構造デバイス**を創出し、統合する取り組みを行うとともに、既存の実装を超えた枠組みの提案として、新たな**超実装工学**の概念を提唱、推進する。ものづくりイノベーションを推進する。また、本学のものづくりの伝統に則り、社会経済的価値の新たな創造に取り組む人材を輩出するとともに、我が国の安全・安心やグローバル化する環境問題に貢献する。

本プロジェクトでは、以下の2テーマに取り組む。

(テーマ1)集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現では、MeV 級の陽子線の高い直進性を活かした三次元、長深度加工技術を開発し、三次元柔構造を実現するPBW 基盤技術を開発する**[(1)PBWによるものづくり基盤技術の開発]**。1 μm 以下の陽子線を安定に発生、制御し、三次元柔構造を高精度に再現性良く作製するため、現有 PBW 装置の加工装置としての限界性能を見極め、改善する。キャピラリー集束による描画、大気ビーム取り出し等、ものづくりに特化した挑戦的課題に取り組む。また、陽子線の物質中でのトラック近傍のナノ空間における反応性を明らかにし、微細加工の観点から系統的な研究を行う**[(2)陽子線によるナノ空間反応性の研究]**。

(テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進では、高エネルギー陽子線の最大の特徴を活かし、従来技術で適用不可能な新規材料系を見出し、安全・安心を守る三次元柔構造デバイスを創出する。特に光・電子・生体親和性機能に優れた材料群を探索し**[(1)機能発現する PBW 用材料探索]**、上述の PBW 加工を駆使した加工プロセスを開発する。個々の材料の優れた特性に加えて、三次元柔構造デバイスを創製する。前述の PBW によるプロトタイプを検証後、熱インプリントリソグラフィ用金型転写技術を用いて、三次元柔構造デバイスの低コストかつ高スループット加工技術を開発する**[(2)三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作]**。さらに三次元柔構造デバイスの環境調和性を実現するため、多様な材料をフレキシブルな基板やファイバに三次元的に展開、加工することで、光・電子・生体親和性機能を統合化する、フレキシブル実装技術への取り組みを行う。これにより、従来の実装の延長線上にはない、工業システムの変革を促す「超実装」工学を推進する**[(3)超実装工学の先導的研究]**。

以上のテーマ1および2への取り組みにより、本研究計画の基盤となる PBW 技術の深化とそれによる三次元柔構造デバイスの創出・統合を図る。これにより、小型、多機能、生体適合性を有する高機能デバイスを材料レベルで統合し、**環境・エネルギー、医療分野**といった、グリーン・ライフイノベーションへの波及が期待できる。さらに材料レベルでデバイスの実装を検討し、環境調和にも配慮した超実装工学の可能性を拓く。

(2)研究組織

学内8名、学外8名からなる研究体制を組織し、**(テーマ1)集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現、および(テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進**の2課題について研究を推進する。研究代表者の西川(量子ビーム応用)はプロジェクトを統括し、外部機関との連携を円滑化し、効果的に課題に取り組む。

テーマ1では、神谷・石井(ビーム発生・制御・計測)、長谷川(マイクロ化学デバイス)、成沢

(キャピラリー集束技術)が、PBW によるものづくり基盤技術の開発に取り組む。前川(放射線化学)は陽子線によるナノ空間反応性の研究に取り組む。

テーマ2では、渡辺(めっき技術)、大石(新材料)、小池・山口(生体適合性圧電体、MEMS)、大木(光デバイス)、松村・内田・吉見(バイオデバイス)が中心に、**三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作**に取り組む。デバイス実装の観点から堀口(光ファイバデバイス)および林(実装技術)が**超実装工学の先導的研究**を推進する。

本研究計画では、大学院生の本研究計画への積極的な参画を図っている。当該分野においてH23年度4名、H24年度4名が修士学位を取得した。H25年度の現在においても、修士課程3名および博士課程1名が取り組み博士学位取得見込みである。H22-25年度、同博士課程学生をRAとしても採用した。また、研究支援体制として同研究計画の実施場所である先端工学研究機構棟には共同実験室が併設され、充実した研究支援体制が整備されており、有効活用している。

外部機関との連携状況として、主たる共同研究機関である原子力機構のTIARA施設にてH23-25年の同機関との共同研究に基づき、PBW装置のマシントimeがH23年度9日間、H24年度9日間、H25年度8日間(予定含む)を得て、研究計画を推進している。同時に定期的に技術的な成果報告と情報交換を行っている。同じく主たる連携先の首都大学東京内田グループとは、誘電泳動デバイス開発のためのH23年度より月例ミーティングを現在に至るまで実施し、テーマ2のデバイス応用面で多くの成果を挙げている。また、キックオフのための全体会合としては、第6回PBW研究会(2012年1月23日、豊洲)を行うなど、定期的に研究会を行い、連携を緊密化している。

(3) 研究施設・設備等

実施場所:大宮キャンパス SIT総合研究所 先端工学研究機構101、104、201、202室。豊洲キャンパス 電気工学科電気材料実験室

研究施設・設備(大宮および豊洲):水素イオンビームおよび高エネルギーイオンビーム集束/計測装置(利用時間数:約2000h/年)、ハイブリッドMEMS評価装置(利用時間数:約200h/年程度)、集束イオンビーム加工装置(FIB)(利用時間数:約200h/年)、走査型電子顕微鏡(SEM)(利用時間数:約1000h/年)、レーザ顕微鏡(約1500h/年)

(本プロジェクトにより導入の機器、予定も含む)(H24年度)三次元柔構造作製システム(H25年2月、クリーンルーム内に設置完了)(約1200h/年を想定)

(H25年度)陽子線誘起反応計測システム(H25年度末納入予定、約1000h/年を想定)

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

申請時に設定した研究テーマと項目、中間目標を以下に示し、その達成度を述べる。

(テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

●中間目標

(1)高品位二次標準(ビーム径 $<0.5\mu\text{m}$ 集束対応)開発、プロセスモニタ用ビーム計測(電流値 $<1\text{pA}$)を実現。

(2)PBW装置におけるビーム安定化機構の組み込み、ガラスキャピラリー集束系の試作。

(3)微細加工の観点からエポキシ系、アクリル系樹脂における反応因子の解明。

テーマ1では、本学の研究グループと原子力機構の共同研究者が緊密に連携し、PBW技術基盤技術について取り組んでいる。上記の中間目標(1)(2)に対応して、基軸となる集束陽子線描画技術について継続的な技術的改善を行っている。具体的には、以下の成果を得て、中期目標をおおむね達成する見通しである。

(原子力機構における取組) 共同研究者の原子力機構の神谷らは、中間目標(1)の達成のため、従来の二次電子や蛍光X線検出に加えて、イオン誘起発光のその場測定法を開

発し(*1)、その有用性を明らかにした。また、同研究グループと共に超臨界現象・乾燥を利用した、ナノワイヤ、橋架け構造やドーム型構造等、特殊な3次元中空構造に関する高度な加工プロセス技術、さらにビーム強度分布の可視化技術等を開発した(*2)。また、ポリイミドをモデル材料として、原子力機構の1MeV電子ビーム照射装置を利用した反応性調査を行い、その機構を明らかにした。今後、その手法をエポキシ系、アクリル系樹脂についても展開する。

(**本学フレキシブル実装工学研究センターにおける取組み**) 芝浦工大に設置し、開発を進めている小型PBW装置開発において、以下の取組みを行った。まず、本装置における陽子線によるナノ空間反応性の研究を進めるために、原子力機構における上記の蛍光、X線等の分光計測に関する成果を踏まえて陽子線誘起反応計測システムを定め、H25年度の設備として導入する予定である。これにより中間目標(1)を達成する。さらに同装置では、ビーム描画技術の高度化を狙いとしてXYZθ4軸化と駆動ソフトウェア開発を行った(*3)。これにより基板への斜め照射等、多様な三次元柔構造体の形成が可能なシステムを同装置にて構築した。

さらに加速器からの陽子ビーム安定化への取組みとして、ビーム不安定化の原因となる加速器発電機の駆動機構の設計を変更し、改善するシャフト工事をH25年8月末に実施した。これにより課題であったシャフト駆動に由来するターミナル電圧の変化を抑制し、ビーム安定化に一定の見通しを得ている。

(テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

●中間目標

- (1)光・電子機能実現における有望な材料群の発掘とプロセスの確立(センサ、生体適合性、圧電性、細胞培養)
- (2)PBWによる三次元柔構造加工プロセス確立(典型的なPMMAおよびSU-8等を対象)
- (3)超実装の概念実証モデル・プロセスの提示

テーマ2では、上記(1)、(2)、(3)に対応する以下の3項目に取り組んだ。PBW加工に適合した新材料であるテフロン、ポリイミド、ポリ乳酸等のPBWによる直接加工性について応用に取り組んだ。

(1)機能発現のための材料・プロセス探索：PBWによるポリ乳酸(*4)、テフロン(*5)の直接加工プロセスを開発した。また、生体適合性やグリーンプラスチックとして優れた特性を有するポリ乳酸については、生体適合性を有する圧電素子の開発に向けて、圧電性を発現させるための材料プロセス、およびデバイス化に関する研究を行った。PBWにより直接加工したテフロンのインプリントリソグラフィ用モールドとしての活用し、ポリジメチルシロキサン製バイオチップ作製への応用を検討した(*6)。リボソームを用いたバイオセンサー用の新たな基材としてハニカムフィルム、およびコラーゲン、インプリント高分子などの機能性高分子の微細加工性に関する研究に着手した(*7)。

より実用的な観点からは、エレクトロニクス実装の基幹材料であるポリイミドの陽子線誘起反応性に関する基礎的な知見(*8)を得た。スループットを向上させるための感光性ポリイミドの陽子線誘起反応性を調査し、エレクトロニクス実装分野へのPBW技術の適用のための技術的課題と展開可能性を検討した(*9)。さらにポリイミド基板への電鍍によるCu埋め込みに関する知見(*10)に基づき、実装用配線技術への展開を目指し、生産性の高い感光性ポリイミドのPBWによる反応性を調査した。

また、PBWによる反応性を見出している非鉛系のビスマス系強誘電体薄膜の感光性に関する研究(*11)を行った。

(2)デバイス応用:微生物、マイクロパーツなどの微粒子操作を目的とした、誘電泳動デバイスの高機能化および応用研究(*12)を推進するとともに、誘電泳動デバイスを柔構

造化するプロセスを開発した(*13)。

PBW による樹脂型、あるいは電鋳技術併用により作製した金型を利用した転写プロセスを開発し(*14)、高アスペクト比でフレキシブルな三次元構造部材とマイクロ流路形成技術の確立に取り組んだ。H24 年度末に導入されたインプリントリソグラフィ装置を中心とする、三次元柔構造作製システムの利用により研究を加速することができる。

三次元柔構造プラットフォームとして、光ファイバへの三次元微細構造体の形成の研究を行った。具体的には、**PMMA 光ファイバへの局所加工**によるセンサデバイスの形成技術を検討した(*15)。また、**マイクロレンズアレイ**の透明基板上への形成技術の確立(*16)、PMMA や感光性ポリイミドの PBW による屈折率変化を利用した**光導波路作製プロセス**を開発した(*17)。

(3) 超実装工学の先導研究:超実装工学の推進において、上記のビーム技術、材料、プロセス、デバイスにわたる、種々の基礎的研究の検討過程を通じて「**実装を超越した実装研究**」を基盤とする、概念実証モデルの構築に取り組んでいる。その基本構想は、従来の部品レベルのアセンブルに基づく従来の実装概念から脱却し、精密ビーム加工に基づく一括加工である。具体的には、部品の製造と部品の組み立てを同時に行う新しい実装技術である。その一つの方向性として、**GTH 構造**を提案した(*18)を提案した。この構造では、機能性を発揮する材料を収納する溝(Groove)を接続穴(Thru-Hole)により連結するものであり、その材料系の探索とプロセスの検討を行っている。

＜特に優れた研究成果＞

新たに PBW 加工に取り組んだ**テフロン樹脂**において、**直接エッチング加工**が可能なことを見出した。これは、現像液を介さず、ドライプロセスにより樹脂を加工できることを意味する。同様の加工性は**ポリ乳酸**でも見られることから、直接エッチングの機構を解明し、直接エッチングが可能な材料系の範囲を拡げる。また、**エンジニアリングプラスチック**の典型であるポリイミドの加工性で新たにネガ型の反応性(照射部位が現像液に不溶となる)を見出し、その機構を明らかにしたことで、**エレクトロニクス実装分野**への適用可能性が拓かれた。そこで、エレクトロニクス実装用に感光性ポリイミドの反応性を調査した。**ネガ型感光性**ポリイミドの感度は、非感光性ポリイミドと比べて、最大で3ケタ向上した。これにより、エレクトロニクス実装における生産性向上の方向性を見出した。一方、**ポジ型感光性**ポリイミドは、改善の余地がある。

PDMS 製**マイクロレンズアレイ**を、透明ガラス基板上に形成するプロセスを確立し、その光学的特性を検証できたため、バイオチップへの導入などのデバイス組み込みに展開可能性が拓けた。また、化学的・機械的特性に優れる**テフロン**の**直接エッチング加工**を可能とし、微細モールドとして利用するための平滑性および加工深さを得るための技術として目途を得た。今後は、PBW の特徴を活かした、**高アスペクト比モールド化**に向け加工精度向上を目指す。

デバイス応用面では、PET フィルムをベースとした、透明電極型フレキシブル誘電泳動デバイスの作製プロセスを開発した。これにより、**安価かつフレキシブルな三次元柔構造デバイス**の一つの可能性を拓いた。

光デバイスにおける導光機能については、PBW 照射による PMMA やポリイミドの改質技術による**屈折率変化の制御手法**に関する知見を得た。また、PDMS 製のマイクロレンズを透明基板上に形成するための基本技術は確立できた。今後は、これらの材料プロセス技術を、**光導波路やマイクロ流路など、デバイスへの組み込み技術**へと展開する。

＜問題点とその克服方法＞

(テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

加速器のビーム安定化および信頼性向上が最大の課題であったが、H25 年度 8 月末に実施した加速器の発電機用シャフト工事によりビーム安定化と信頼性の向上の見通しを得た。そ

の上で、中間目標に掲げたキャピラリー集束系の試作、導入とそれを利用した大気中照射技術への取り組みを残しており、H25 年度末に向けて試作を実施する。

(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

(1)機能発現のための材料・プロセス探索、および(2) デバイス応用に関しては着実に進めており特に不安な点はない。一方、(3)超実装工学の先導研究は、「超実装」という新概念の構築から着手し、現在に至る。今後は、前述の**概念実証モデルである GTH 構造**をいかに具現化し、その有用性を実験的に検証するかかが課題である。そのためには、既存の材料系にとられない、新しい材料系の導入の検討する必要である。**グラフェン、有機半導体、ナノコンポジット材料**等の優れた物性を有する材料系を積極的な導入を実施計画に組み込む。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

本研究に先立って、共同研究機関(原子力機構、首都大学東京)とともに出願済みの、「**三次元誘電泳動デバイス**」(特願 2010-010945、三次元誘電泳動デバイス、西川宏之、古田祐介、内田諭、神谷富裕、石井保行、佐藤隆博、(学)芝浦工業大学、(公)首都大学東京、(独)日本原子力研究開発機構、平成 22 年 1 月 21 日)について、本学知財部による審査請求を行った。今後、共同研究機関との連携をさらに深め、本研究の課題であるフレキシブルデバイス化を視野に入れた、三次元誘電泳動デバイスの実用化の道を探る。

<今後の研究方針>

これまで蓄積した材料探索指針に基づき、デバイス分野や産業界等の出口に近い学内外の研究者との効果的な連携により、効率的な新規材料のスクリーニングを継続する。すでに可能性が見えてきた、**ポリイミド、ポリ乳酸、テフロン**などの新規材料はデバイス応用へと研究開発のフェーズを進める。同時に多様な材料群への照射効果に関する知見を体系化し、当該分野の学術基盤を確立し、学会およびシンポジウム開催により情報発信することが、陽子線描画によるものづくりイノベーションを推進する上で、重要である。そこで、当該分野で指導的な役割を担う、日本学術振興会 132 委員会(荷電粒子ビームの工業への応用)等への積極的な参加を予定している。

H24 年度には、プロジェクトの要となる**三次元柔構造作製システム**を導入した。フレキシブルデバイスの創成に向けて、今年度確立した材料・プロセスを利用した三次元柔構造の作製に適用を開始した。また、H25 年度に**陽子線誘起反応計測システム**を導入し、本研究計画で予定した装置の整備が完了し、設備の充実により更なる研究展開が期待できる。

<今後期待される研究成果>

PBW によるプラスチック基板へのマイクロレンズアレイおよび誘電泳動デバイスの作製を進め、安価な**フレキシブルデバイス**やバイオチップとの統合化への展開を進める。また、PBW によるポリイミド膜のエレクトロニクス実装への適用に向け、より生産性の高い感光性ポリイミド上の**高密度配線と三次元実装**への適用に着手した。これらは市販の UV 感光性ポリイミドであるが、特にネガ型材料は十分な感光性を示した。一方、ポジ型については、より詳細な検討を要する。今後 PBW によるパターンニングと Cu 電鍍による抵抗、インダクタ、キャパシタなどの受動部品の作製プロセスに関する研究成果が期待される。

H24 年度末に導入した**三次元柔構造作製システム**により、超臨界現像・乾燥装置およびインプリントリソグラフィといった、PBW 利用技術の展開に必要な整備が整う。同時に進行している、電鍍により作製した金型や PBW により直接加工したテフロンモールドを利用したインプリントリソグラフィへの展開も期待される。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

SIT 総合研究所の研究センター(フレキシブル実装工学研究センター)として推進している事業であり、毎年自己点検とともに、総合研究所としての外部評価委員会による評価を受けている。H23 年度、H24 年度と 2 回の外部評価を受けている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| (1) <u>集束陽子線</u> | (2) <u>微細加工</u> | (3) <u>電鍍</u> |
| (4) <u>インプリントリソグラフィ</u> | (5) <u>放射線化学</u> | (6) <u>マイクロフォトンクス</u> |
| (7) <u>マイクロ流体デバイス</u> | (8) <u>エレクトロニクス実装</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

各成果の末尾の*と番号は11(4)の記述と対応している。

- (1) H. Nishikawa, T. Hozumi, Application of proton beam writing for the direct etching of polytetrafluoroethylene for polydimethylsiloxane replica molding, Published online on the 19th of September 2013, in Journal of Vacuum Science & Technology B (Vol.31, Issue 6)(***5**)
- (2) T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Enhancing proton beam writing system with auto scanning software and stage movement, Microelectronic Engineering, 102 (2013) pp.12-17. (***3**)
- (3) Y. Arai, Y. Ohki, Keisuke Saito, and H. Nishikawa, Control of Refractive Index of Fluorinated Polyimide by Proton Beam Irradiation, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 012601/1-5 (5 pages). (***17**)
- (4) K. Saito, H. Hayashi, H. Nishikawa, Fabrication of curved PDMS microstructures on silica glass by proton beam writing aimed for micro-lens arrays on transparent substrates, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B B 306, 284-287 (July, 2013). (***16**)
- (5) M. Omichi, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Visualization of focused proton beam dose distribution by atomic force microscopy using blended polymer films based on polyacrylic acid, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 09/2012; 12(9):7401-4. (***2**)
- (6) K. Takano, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, M. Sugimoto and H. Nishikawa, Microprocessing of Arched Bridge Structures with Epoxy Resin by Proton Beam Writing, Journal of Photopolymer Science and Technology, Volume 25, Number 1 (2012) pp.43 -46. (***2**)
- (7) K. Takano, M. Sugimoto, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, and H. Nishikawa, Fabrication of Concave and Convex Structure Array Consisted of Epoxy Long-Nanowires by Light and Heavy Ion Beams Lithography, Transactions of Materials Research Society of Japan, Volume 37, Number 2 (2012) pp.237-240. (***2**)
- (8) Y. Maeyoshi, K. Takano, A. Asano, H. Marui, M. Omichi, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, A. Saeki, and S. Seki, Fabrication of Poly(9,90-dioctylfluorene)-Based Nano- and Microstructures by Proton Beam Writing, Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) pp.045201/1-045201/4.(***2**)
- (9)W. Kada, A. Yokoyama, M. Koka, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Ion-Beam-Induced Luminescence Analysis as Diagnostic Tool for Microstructure Patterning on Diamond by Proton Beam Writing, Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 06FB07 (5 pages). (***1**)
- (10)Y. Kasuya, K. Tsukamoto, D. Yamada, K. Matsumura, Immobilization of a single intact liposome onto a peptide-modified glass microwell, Chemistry Letters, 2012; 41(10)

1191-1192. (*7)

(11) S. Uchida, R. Nakao, C. Asai, T. Jin, Y. Shiine, H. Nishikawa, Optical counting of trapped bacteria in dielectrophoretic microdevice with pillar array, Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.18, No.2, (2012) pp.165-176. (*12)

(12) Y. Tanabe, H. Nishikawa, Y. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, T. Watanabe and A. Sekiguchi, Electroforming of Ni mold for imprint lithography using high-aspect-ratio PMMA microstructures fabricated by proton beam writing, Microelectronic Engineering, Volume 88, Issue 8, (August 2011), pp.2145-2148. (*14)

(13) T. Kamiya, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, H. Nishikawa, S. Seki, M. Sugimoto, S. Okumura and M. Fukuda, Microbeam complex at TIARA: Technologies to meet a wide range of applications, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 269, No.20 (October 2011) pp.2184-2188. (*2)

(14) R. Tsuchiya and H. Nishikawa, Fabrication of silica-based three-dimensional structures by changing fluence using proton beam writing, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Volume 36, Number 3, (September 2011) pp.325-328. (*16)

(15) K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, M. Koka, T. Kamiya, T. Ohkubo, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Nano-micro Processing of Epoxy Resin Systems by Ion Beam Lithography with Multiple Energies and Species, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Volume 36, Number 3 (September 2011) pp.305-308. (*2)

(16) K. Miura, Y. Machida, M. Uehara, H. Kiryu, Y. Ozawa, T. Sasaki, O. Hanaizumi, T. Satoh, Y. Ishii, M. Kohka, K. Takano, T. Ohkubo, A. Yamazaki, W. Kada, A. Yokoyama, T. Kamiya, and H. Nishikawa, Fabrication of Polymer Optical Waveguides for the 1.5- μ m Band Using Focused Proton Beam, Key Engineering Materials Vol. 497 (2012) pp.147-150 (*17)

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

該当なし。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

各成果の末尾の*と番号は11(4)の記述と対応している。

国際会議(査読あり)

(1) H. Nishikawa, T. Hozumi, Application of Proton Beam Writing to a Direct Etching of PTFE for PDMS Replica Molding, Shibaura Institute of Technology, The 57th International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology & Nanofabrication, P01-02, May 28-31 (2013). (*6)

(2) C. Asai, H. Tokita, T. Enjoji, S. Uchida, D. Terajima, H. Nishikawa, "Effect of Pillar Structure in Dielectrophoretic Device on Trapping Characteristic of Microorganisms", SETAC (the Society of Environmental Toxicology and Chemistry) Asia Pacific 2012 Meeting, p. 267, 2P-8-9, Kumamoto, Japan (Sep. 2012). (*12)

(3) H. Hayashi, Y. Takeno, H. Nishikawa, Microelectronic devices on polyimide substrate processed by Proton Beam, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-39, p.50 (July 2012). (*18)

(4) H. Nishikawa, S. Makita, Y. Harashima, Micromachining of Polytetrafluoroethylene by

Direct Etching Using Proton Beam Writing, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-42, p.53 (22-27 July 2012). (***5**)

(5) K. Saito, H. Nishikawa, H. Hayashi, Flexible optical components of silicone fabricated by proton beam writing, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, P-67, p.140 (22-27 July 2012). (***16**)

(6) H. Takeuchi, Y. Koike, T. Ogura, H. Hagiwara, H. Nishikawa, Micro processing of poly L lactic acid (PLLA) by proton beam writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Paper No. BB4-6 (June 2011). (***4**)

(7) H. Nishikawa, T. Nishiura, T. Mita, T. Takemori, Negative Epoxy Resist for Permanent Use Optimized for Proton Beam Writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Paper No. BB1-4 (June 2011). (***12**)

(8) Y. Takeno, H. Nishikawa, H. Hayashi, Micromachining of Polyimide Films by Proton Beam Writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Paper No. BB-PO3-6 (June 2011). (***8**)

(9) C. Asai, T. Jin, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Investigation of basic characteristics of trapping bacteria with a three-dimensional dielectrophoretic device, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-2 (Sep. 2011). (***12**)

(10) T. Jin, C. Asai, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Effect of pillars with additional structure in dielectrophoretic device on collection characteristic of E. coli, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-3 (Sep. 2011). (***12**)

(11) T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Enhancing Proton Beam Writing System with Auto Scanning Software and Stage Movement, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Paper No. BB4-3 (June 2011). (***3**)

国内学会(査読なし)

(1) 浅井千尋、時田寛也、内田 諭、寺島大貴、西川宏之、「ピラー構造誘電泳動デバイスを用いた菌捕集量の流量依存性及びピラー配置依存性の検証」、春季第 60 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集、29a-G17-11 (2013 年 3 月)。(***12**)

(2) 鮎瀬銀也、寺島大貴・西川宏之、内田 諭、プロトンビーム描画を用いたフレキシブル誘電泳動デバイス作製、平成 25 年電気学会全国大会 3-101 (2013/3/20)。(***13**)

(3) 加藤 聖、齋藤圭祐、林 秀臣、西川宏之、シリコン樹脂への集束プロトンビーム描画を用いたマイクロレンズアレイの形成、平成 25 年電気学会全国大会 3-110 (2013/3/20)。(***16**)

(4) 塩川弘樹、粕谷有造、松村一成、集束イオンビームを用いたリポソームアレイの作成とその全反射蛍光観察、日本化学会第 93 春季年会、2013 年 3 月、滋賀(***7**)

(5) 高橋潤一、岩本隆志、田邊裕介、西川宏之、林秀臣、石井保行、神谷富裕、佐藤隆博、PB-LIGA を用いた局所インプリントプロセスとその応用展開、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2012), 2B1-2(2012/9/13)。(***14**)

(6) 加藤 聖、西川宏之、林 秀臣、集束プロトンビームを用いた PMMA 光ファイバーの微細加工、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム秋季大会(MES2012), 2B1-4 (2012/9/13)。(***15**)

(7) 鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川 宏之、内田 諭、誘電泳動によるリポソーム捕集効果に対するピラーアレイの及ぼす影響、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム A-3 (2012/9/10-12)。(***12**)

- (8) 渡部 涼、坂下 裕介、西川 宏之、内田 諭、浅井 千尋、ソフトリソグラフィによる誘電体ピラーを導入した3次元誘電泳動効果の検討、第43回電気電子絶縁材料システムシンポジウム MVP-5 (2012/9/10-12)。(*13)
- (9) 寺島 大貴、鮎瀬 銀也、西川 宏之、浅井 千尋、内田 諭、集束陽子線描画を用いた、誘電泳動用高アスペクト比誘電体ピラー作製条件の検討、第43回電気電子絶縁材料システムシンポジウム MVP-19、(2012/9/10-12)。(*12)
- (10) 山口正樹、西川宏之、感光性材料による誘電体膜の形成、第73回応用物理学会学術講演会、13a-PB1-1 (2012/9/13)。(*11)
- (11) 鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川 宏之、内田諭、誘電泳動による微粒子のサイズ分離に関する研究、2012 年 放電学会年次大会 D-3-2、pp.71-72 (2012/12/1)。(*12)
- (12) 加藤 聖、斎藤 圭祐、高橋 潤一、林 秀臣、西川宏之、集束プロトンビームを用いた PMMA 光ファイバの微細加工及びそのセンサ応用に関する研究、2012 年 放電学会年次大会 P-19、pp.123-124、(2012/12/1)。(*15)
- (13) PB-LIGA を用いた局所インプリントプロセスとその応用展開、高橋潤一、岩本隆志、林秀臣、西川宏之、2012 年 放電学会年次大会 P-17、pp.119-120 (2012/12/1)。(*14)
- (14) 廣瀬 嵩人、粕谷 有造、松村 一成、「ハニカム状金属骨格を支持体とする人工生体膜の構築とその応用」第6回バイオ関連化学シンポジウム、2012 年 9 月、札幌(*7)
- (15) 武野泰、西川宏之、林秀臣、集束プロトンビーム描画による プラスチック上の微細電極作成、第26回エレクトロニクス実装学会春季講演大会、論文番号 8C-09(2012/3/8)。(*10)
- (16) 小池義和、竹内 均、小倉智裕、萩原央紀、青木大地、石川拓也、熊谷 研、西川宏之、集束プロトンビーム照射によるポリ乳酸の照射効果、第59回応用物理学関係連合講演会、17p-DP2-4 (2012/3/17)。(*4)
- (17) 山口正樹、西川宏之、感光性材料により形成した誘電体膜の漏れ電流特性、第59回応用物理学関係連合講演会、18p-A4-1 (2012/3/18)。(*11)
- (18) 萩原央紀、小池義和、竹内 均、小倉智裕、青木大地、石川拓也、熊谷 研、西川宏之、原島勇氣、プロトンビーム描画による圧電性ポリ乳酸薄膜の微細加工と評価、第72回応用物理学会学術講演会、30a-ZL-6 (2011/8/30)。(*4)
- (19) 山口正樹、西川宏之、粒子線露光量が誘電体薄膜パターンに及ぼす影響、第72回応用物理学会学術講演会、30a-ZL-7 (2011 年 8 月 30 日)。(*11)
- (20) 寺島大貴、椎根康晴、西川宏之、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、神 孝之、浅井千尋、内田 諭、プロトンビーム描画による高アスペクト比ピラー配列の試作と誘電泳動特性、第72回応用物理学会学術講演会 1a-ZG-3(2011/9/1)。(*12)
- (21) 岩本 隆志、田邊祐介、西川宏之、集束プロトンビームを用いた多段金属構造の作製と応用、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 P-24(2011)。(*14)
- (22) 新井之貴、大木義路、齋藤圭祐、西川宏之、イオン照射によるフッ素化ポリイミドの屈折率上昇、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 P-23(2011)。(*17)
- (23) 渡部涼、坂下裕介、神孝之、浅井千尋、内田諭、西川宏之、ソフトリソグラフィによる3次元構造の PDMS ピラーを用いた誘電泳動デバイスの作製、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-6(2011)。(*12)
- (24) 齋藤圭祐、西川宏之、林秀臣、シリコーンゴムへの集束プロトンビーム描画による光デバイス作製とバイオチップへの応用、2011 年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-7(2011)。(*16)

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

・フレキシブル実装工学研究センターウェブサイト URL、<http://www.flex.ae.shibaura-it.ac.jp>

(H23 年度)

- ・芝浦工業大学 産学官連携研究交流会 (2012 年 3 月 16 日(金)、於大宮校舎)
- ・第 22 回マイクロマシン/MEMS 展 (2011 年 7 月 13 日(水)～15 日(金)、東京ビッグサイト) にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。

(H24 年度)

- ・2012 年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2012 年 6 月 13 日(水)～15 日(金)、東京ビッグサイト)。
- ・第 23 回マイクロマシン/MEMS 展アカデミック出展(2012 年 7 月 11 日(水)～13 日(金)、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。

(H25 年度)

- ・2013 年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2013 年 6 月 5 日(水)～6 月 7 日(金)、東京ビッグサイト)。
- ・ナノ・マイクロビジネス展(2013 年 7 月 7 日～5 日、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。

<これから実施する予定のもの>

H26, 27 年度 マイクロエレクトロニクスショー、ナノ・マイクロビジネス展への出展。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

・**企業との共同研究** 2011.4～2011.12 丸善石油化学(株)

「PBW(プロトンビーム描画)に適応する照射対象材料の研究」

・**外部資金による研究成果実用化への展開**:H25 年度 JST 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム【FS】ステージ(ASTEP)探索タイプ採択(「シリコン樹脂の三次元曲面加工によるプロジェクト用マイクロレンズアレイ応用」)により、研究成果の展開を目指す。

・**学内コンソーシアム結成**:H25 年度、芝浦工業大学マイクロ・ナノイノベーションコンソーシアム(MiNI: Micro Nano Innovation Consortium)を組織し、活動を開始した。本研究プロジェクトの枠を超え、新たに機械系研究者との連携を構築し、**MEMS 分野への展開**が広がることが期待される。

・**産学連携関連活動**:上記コンソーシアムとして、学内外との協力機関と連携して、平成 25 年度大学等シーズ・ニーズ創出強化支援事業(イノベーション対話促進プログラム)申請が採択され、「スマートコミュニティにおけるイノベーションの創出」について、「マイクロ・ナノ技術」研究領域から参画している。「ロボット技術」および「M2M(machine to machine)技術」等の異分野との相乗効果発揮を目指し、本プロジェクトの枠を超えた、大学全体のイノベーション創出活動にも積極的に貢献している。

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

プロジェクト番号

S1101007

＜「選定時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし。

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	微生物機能を用いたレアメタル回収技術開発研究		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

近年、IT 関連産業、自動車産業等の先端産業におけるレアメタルの消費が世界的に急伸しており、資源に乏しい我が国においては、技術力を基盤とした先端産業の国際競争力の高さが極めて重要となる。このような状況の中、資源ナショナリズム等によるレアメタル供給の不安定化は国の死活問題と言っても過言ではない。

本研究では、微生物の金属代謝機能を利用することで、現在では極めて困難とされている産業廃水・廃棄物などからのレアメタルの効率的除去と、市場価値のある資源としての鉱種の回収・リサイクルを同時に達成する実用的な一連の技術群を確立することを目的とする。技術開発は、既に有効な微生物を取得しているセレン(Se)をモデルとして実施するが、同時に希少性、商業性の高いレアアースの回収に有効な新規微生物の取得にも取り組み、各種レアメタルをめぐる資源循環型社会システムの基盤を形成するとともに、レアメタル回収プロセスの潜在的市場拡大の知的基盤を構築する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

本研究においては、実証実験に近づけるため、人工モデル廃水および実廃水・廃棄物を使用し、微生物の活動能力が最大となる条件の検討、回収が可能となる鉱種の拡大、低コストで高効率な回収技術の開発、実用化に向けた高純度資源化プロセスの検討について取り組むことにより、低エネルギーで環境負荷の少ない資源循環システム構築を目指すものである。研究内容から(1)レアメタル除去・回収バイオリアクターの開発、(2)精錬プロセスの開発、(3)新規金属代謝微生物の取得の研究テーマに分けた。過年度においては(1)では、セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いて、セレン酸・亜セレン酸の還元最適化条件を決定し、セレン酸を含む人工モデル廃水から固体セレンと気体セレンを約90%の高効率で回収することに成功した。気化セレンは主としてジメチルジセレニドであることを同定した。実廃水・廃棄物を用いた実験を行っており、人工モデル廃水を用いた場合と比較して効率は良くないが、セレンの回収に成功している。(2)では、固化セレンを回収するために遠心分離後のセレン含有沈殿物をエタノール洗浄するだけでセレンの結晶化物を濃縮・精錬することに成功した。気化セレンを回収するために、バイオリアクターにガスフィルターユニットを設置し、メチル化セレンを硝酸トラップにて約90%捕集することに成功した。(3)では、テルル酸還元細菌を3株分離した。これら3株を *Stenotrophomonas maltophilia* Ti-1, *Ochrobactrum anthropi* Ti-2, *Ochrobactrum anthropi* Ti-3 と同定した。多様な廃水に対応できる異なる特徴を持つ微生物を取得できた。生物合成された元素態テルルは細胞外に分泌され、遠心分離や限外濾過などの方法で簡単に回収ことに成功した。

プロジェクト番号

S1191004

**平成23年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所レアメタルバイオリサーチセンター

4 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作307芝浦工業大学先端工学研究機構棟内

5 研究プロジェクト名 微生物機能を用いたレアメタル回収技術開発研究

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
山下光雄	工学部応用化学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 5 名

9 該当審査区分 ○理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
山下光雄	工学部・教授	レアメタル代謝微生物のスクリーニングとリアクター回収	プロジェクト全体のとりまとめ
今林慎一郎	工学部・教授	レアメタルバイオセンサーの開発	レアメタル感知センサー開発
新井剛	工学部・准教授	バイオレアメタル精錬開発	レアメタル精錬プロセス開発
(共同研究機関等) 池道彦	大阪大学大学院 工学研究科・教授	微生物による金属還元機構の解析	レアメタル回収に適応できる微生物の機能解析
大貫敏彦	日本原子力研究 開発機構・主任 研究員	バイオレアメタルの分析	バイオ生成レアメタルを分析

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)

新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

近年, IT 関連産業, 自動車産業等の先端産業におけるレアメタルの消費が世界的に急伸しており, 資源に乏しい我が国においては, 技術力を基盤とした先端産業の国際競争力の高さが極めて重要となる. このような状況の中, 資源ナショナリズム等によるレアメタル供給の不安定化は国の死活問題と言っても過言ではない.

本研究では, 微生物の金属代謝機能を利用することで, 現在では極めて困難とされている産業廃水・廃棄物などからのレアメタルの効率的除去と, 市場価値のある資源としての鉱種の回収・リサイクルを同時に達成する実用的な一連の技術群を確立することを目的とする. 技術開発は, 既に有効な微生物を取得しているセレン(Se)をモデルとして実施するが, 同時に希少性, 商業性の高いレアアースの回収に有効な新規微生物の取得にも取り組み, 各種レアメタルをめぐる資源循環型社会システムの基盤を形成するとともに, レアメタル回収プロセスの潜在的市場拡大の知的基盤を構築する.

(2)研究組織

本研究プロジェクトに参加する研究者総数は5名で, 学内研究者は以下の3名である. 氏名, 所属職名, 役割分担を順に記載する.

山下光雄: 芝浦工業大学工学部応用化学科・教授, 研究代表者として各研究者と密に連携をとり, プロジェクト全体のとりまとめを行う.

今林慎一郎: 芝浦工業大学工学部応用化学科・教授, メタルバイオセンサーの開発を行う.

新井剛: 芝浦工業大学工学部材料科学科・准教授, バイオレアメタル精錬開発を行う.

学内研究者間是不定期に研究打ち合わせを行い, 連携をとっている.

学外研究者は以下の2名である.

池道彦: 大阪大学大学院工学研究科・教授, 金属代謝微生物における作用メカニズムの解析を行う.

大貫敏彦: 日本原子力研究開発機構先端研究センター・主任研究員, バイオレアメタルの分析を行う.

研究代表者と学外研究者は日本生物工学会メタルバイオテクノロジー研究部会員で大会毎に研究打ち合わせを行うと共に, 電子メールで頻繁に情報交換を行っている. 研究成果は代表者のホームページやメタルバイオテクノロジー研究部会に一部掲載している. 毎年, 数名の学部生や大学院生をアルバイト雇用し, 一般生化学実験や元素分析の補佐, 簡単な報告書の作成を手伝っている.

(3)研究施設・設備等

主として芝浦工業大学先端工学研究機構棟内レアメタルバイオリサーチセンター(実験室100m²、居室15m²)において, 学生・研究員合わせて6-8名で研究している. レアメタルを代謝する微生物を分離するためや反応を最適化するために, 振盪培養器と卓上型バイオリアクター(5L 容)を常時用いている. 微生物による反応サンプルの調整や遺伝子増幅のために, 冷却小型遠心機や PCR 装置を常時用いている. 微生物の形態観察と反応した元素を分析するために, 簡易型電子顕微鏡とエネルギー分散 X 線分光装置(EDX)を常時用いている. 微生物の動態を解析するために, 微生物群集解析システムを1週間/2 カ月程度使用している. 微生物培養液中や固体サンプル中のレアメタル濃度を定性定量するために, 誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)やイオンクロマトグラフィーを常時用いている. 微生物によるレアメタルの相変化(気体状)を定性定量するために, ガスクロマト質量分析装置(GC-MS)を2週間/月程度用いている. また微生物によるレアメタルを含む廃水等から有価金属を回収後の培養液中の有機物濃度を化学的に測定するために, COD メータを1週間/2 月程度使用している.

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

＜現在までの進捗状況及び達成度＞

本研究プロジェクトを進めるために大きく3つの研究テーマごとに分けた。

(1)廃水・廃棄物などからのレアメタル除去・回収バイオリアクターの開発

セレンは排水基準が 0.1ppm に指定されている毒性の強い元素であると共に、太陽光電池パネルの半導体に利用されている有用な元素でもある。水溶性のセレン酸、亜セレン酸を還元して元素態セレン(固体)に還元できるだけでなく、元素態セレンを気化セレン(気体)にまで還元できる特異的なセレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を育種している(*4,*6,*24)。この NT-I 株を用いて、廃水・廃棄物中からのセレンを浄化・回収するためのプロセスを開発するためにラボスケールのバイオリアクターの設計・構築を試みた(*19,*26)。40ppm (0.5mM)のセレン酸、亜セレン酸を含む人工モデル廃水を用い、各還元反応の最適化条件を決定した(*26)。酸素が還元反応に重要な役割を果たしていることを明らかにした(*16)。通気を制御することにより、固体セレン、気体セレンとして、約 90%の高効率でセレンの浄化・回収に成功した(*1,*2,*8,*12)。気化セレン化合物の同定と合成メカニズムの解析を行った(*16,*27)。気化セレンはセレン酸、亜セレン酸、元素態セレンから等量に合成された。気化セレンは主としてジメチルジセレニド(DMDSe)であり(*2)、ジメチルセレンも少量含まれており、メチル化したセレンとして気化することが分かった。実廃水を用いた実験を行ったところ、セレン固化回収最適化条件で培養し 78.8%の回収率が、またセレン気化回収最適化条件で培養し 38.9%の回収率が得られた。(*1,*5,*21,*23,*25,*29,*30)。

(2)レアメタル含有バイオマスからの精錬プロセスの開発

固化セレンを回収するために人工モデル廃水からの NT-I 株培養液を遠心分離し、沈殿物を得た。簡易にエタノール洗浄を行ってセレンの結晶化物を濃縮・精錬することに成功した(*2,*8)。セレン精錬プロセスの開発を目指して、固化セレンを酸化燃焼することで高純度の二酸化セレンの精錬することを試行している。気化セレンを回収するために、ラボスケールのバイオリアクターにガスフィルターユニットを設置した。その結果メチル化セレンを硝酸トラップにて捕集することに成功した(*2,*9)。

(3)多様なレアメタル回収・資源化に適用できる新規金属代謝微生物の取得

セレン以外のレアメタルを回収・資源化するために新規な金属代謝微生物の分離を試みた。テルルは水質汚濁に係る要環境監視項目に該当する元素であり、太陽光パネルの半導体材料に利用されている有用な元素でもあるので、標的金属として選択した。テルル酸、亜テルル酸に対して還元能が強い細菌を3株分離した(*22)。同定した結果、これら3株を *Stenotrophomonas maltophilia* Ti-1, *Ochrobactrum anthropi* Ti-2, *Ochrobactrum anthropi* Ti-3と命名した(*3)。次にテルル酸還元細菌3株(Ti-1,2,3)の還元特徴を解析した。Ti-2,3はテルル酸還元能に差はなかったが、Ti-1株はこの2株に比べて低温、低pH、高塩濃度での還元能が優れていた(*3,*17)。合成された元素態テルルは細胞外に分泌され、遠心分離や限外濾過などの方法で簡単に回収ことに成功した(*22)。多種多様な元素が含まれている海洋性サンプルからレアアースを代謝する微生物の分離を試行したところ、テルル酸を還元する耐塩性微生物と、レアアースエレメント(REE)を特異的に代謝する微生物の分離に成功した(*15)。

＜特に優れた研究成果＞

好氣的セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いた、ラボスケールのバイオリアクターの設計・構築に成功した(*19,*26)。40ppm (0.5mM)濃度のセレン酸、亜セレン酸

を含む人工モデル廃水から、固体セレン又は気体セレンを、約 90%という高効率で回収に成功した(*2,*8)。回収した沈殿物から、エタノール洗浄という簡易な処理を検討し、セレンの結晶化物を濃縮・精錬することに成功した(*2,*8)。また、気体セレンを質量分析により定性分析をした結果、気体セレンは主としてDMDS_eであることを発見した(*2)。微生物による元素態セレン(固体セレン)から、メチル化セレンを合成した初めての例である(*2)。これまでの結果を踏まえて実廃水からセレン固化物の回収にも成功した(*1)。セレン以外のレアメタルを代謝する新規な微生物の分離に成功した(*3,*15)。

<問題点とその克服方法>

廃水・廃棄物などからのレアメタル除去・回収バイオリアクターの開発に関しては、どのような培養条件の時に、固体セレンまたは気体セレンが最も効率的に回収できるかが分からなかった。セレン酸、亜セレン酸の還元条件の最適化を詳細に分析し、酸素がセレン還元反応に非常に重要な因子であることを見出した。その結果、通気を制御することにより、モデル廃水を用いて *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を培養した場合、固体セレンも気体セレンも、約 90%という高効率でセレンの回収に成功した。さらに、気化セレンを回収するためにはその化合物名とその特性や合成メカニズムを知る必要があるが、全く報告がなかった。そこで、まずは気化セレンの化合物名を特定することにした。培養時の気体を経時的にサンプリングし、質量分析を用いて特定したところ、主としてDMDS_eであることが分かった。DMDS_eは本来揮発化しにくい物性であるが、バイオリアクターでの培養条件を検討し、リアクターに連結するガスフィルターユニットを手作りすることにより気体セレンを捕集することに成功した。捕集ビン内の硝酸に回収したセレン化合物の特定およびその化合物からの高純度なセレンの精錬方法の確立は、これからの解決すべき問題である。さらに合成メカニズムはすべてが解明されているわけではない。培地に合成促進物質や阻害物質を探索することなどによりメカニズムを解明する必要がある。

レアメタル含有バイオマスからの精錬プロセスの開発に関しては、培養液中から固化セレンを高純度の結晶化物を得る簡単な方法の報告がなかった。そこで、一般的に菌体を除去するために用いられるエタノールで洗浄することによって精錬することに成功した。気化セレンの回収条件の検討に関しては、上記に記載した通りである。

多様なレアメタル回収・資源化に適用できる新規金属代謝微生物の取得に関しては、レアメタルを代謝する微生物の分離を続けたが、代謝機能の高い微生物を容易には取得できなかった。そこで、セレン酸還元細菌の分離に成功した様に、レアメタル代謝反応を表現型の変化(呈色反応)を観察することができるテルルを用いて試行した。非鉄製錬メーカー、鉱山、温泉地などから環境試料を集めてスクリーニングしたところ、テルル酸かつ亜テルル酸を還元する新規な細菌の分離に成功した。温度、pH、塩濃度などの最適値の異なる還元特性を持つ、多様なテルル酸還元細菌の分離に成功した。合成された元素態テルルは細胞外にあり、遠心分離や濾過などの方法で簡単にテルルを回収できた。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

@<発明者>山下光雄、<発明名称>希土類元素を固化する能力を有する微生物及び希土類元素の固化する方法、<出願人>芝浦工業大学、<出願日>平成25年7月17日(特許出願番号特願2013-148344)

@<発明者>山下光雄、<発明名称>希土類元素を溶出させる能力を有する微生物及び希土類元素の溶出方法、<出願人>芝浦工業大学、<出願日>平成25年7月17日(特許出願番号特願2013-148343)

@<発明者>山下光雄, 三浦彰, <発明名称>セレンの処理方法, <出願人>JX 日鉱日石金属株式会社(*30), <出願番号>特願 2013-131926, <出願日>平成 25 年 6 月 24 日.

@<発明者>山下光雄, <発明名称>セレンの回収方法, <出願人>芝浦工業大学, <国際特許出願番号>PCT/JP2012/052922, <出願日>平成 24 年 2 月 9 日(特許出願番号特願 2011-191309, 出願日:平成23年9月2日).

@<発明者>山下光雄, 池道彦, 惣田訓, 鈴木務, 花田昌子, <発明名称>セメント製造工程における金属の回収方法, <出願人>芝浦工業大学, 大阪大学, 太平洋セメント(株)(*29), <出願番号>特願2012-26189, <出願日>平成24年2月9日.

@<発明者>山下光雄, 池道彦, <発明名称>セレン酸還元活性を示すタンパク質, <出願人>芝浦工業大学, <国際特許出願番号>PCT/JP2011/071442, <出願日>平成23年9月21日(特許出願番号:特願2011-65289, 出願日:平成23年3月24日).

@<発明者>山下光雄, <発明名称>セレンの回収方法, <出願人>芝浦工業大学, <出願番号>特願2011-191309, <出願日>平成23年9月2日.

@<発明者>山下光雄, 惣田訓, 池道彦, 花田昌子, 鈴木務, <発明名称>セメント製造工程における金属の回収方法, <出願人>芝浦工業大学, 大阪大学, 太平洋セメント(株)(*29), <出願番号>特願2011-172045, <出願日>平成23年8月5日.

<今後の研究方針>

本研究プロジェクトの研究テーマに従って大きく3つに分けた.

(1) 廃水・廃棄物などからのレアメタル除去・回収バイオリアクターの開発

セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I株を用いてセレン酸, 亜セレン酸を含む人工モデル廃水から固体セレン, 気体セレンとして, 約90%の高効率でセレンの浄化・回収に成功した. しかし実廃水・廃棄物を用いた場合はセレンの回収には成功したが, モデル廃水ほど高くなった. 今後は実廃水・廃棄物を用い, 固体セレン, 気体セレンを高効率で回収するプロセスの構築を試みる. 還元・気化能を向上させるための戦略として, 実廃水・廃棄物の組成分析による阻害因子の探索, 還元・気化メカニズムの解明, 還元・気化促進因子の探索, セレン酸還元菌の育種, セレン酸還元遺伝子の組換え発現, セレン酸還元酵素の生化学的特徴の解析などを試みる. または組換え酵素を用いた固定化酵素リアクターやレアメタルバイオセンサーの開発や, 実用化に向けてベンチスケールリアクターでの反応を行いレアメタルの回収プロセス構築を開発する.

(2) レアメタル含有バイオマスからの精錬プロセスの開発

人工モデル廃水から得られた固化セレン・気化セレンを資源化可能な高純度セレンにまで精錬するプロセスの構築を試みる. 固化セレンの場合は, 結晶化物からのより高純度品を精錬するために酸化燃焼のプロセスを開発する. 気化セレンの場合は, 回収溶媒や吸着材などを検討し, より高純度高回収可能な溶液や材料を検討する. その後、構築されたプロセスが実廃水・廃棄物を用いた場合に回収されたセレンの汎用性の有無を調べるために組成分析等を行い, 資源としての価値を評価する. バイオセレン精錬のコスト試算, プロセスフローダイアグラム等を作成し, 低コストで高効率な技術開発を目指す. 実用化に向けてベンチスケールで得られた反応産物の精錬を行い, バイオマスからの精錬プロセス構築を開発する.

(3) 多様なレアメタル回収・資源化に適用できる新規金属代謝微生物の取得

分離されたテルル酸還元微生物の還元についての詳細な機能解析と最適化を行う. 先行研究であるセレン酸還元細菌と同様に, テルル除去・回収バイオリアクターの開発や精錬プロ

セスの構築を行う。続いて有価価値の高いレアアースエレメント(REE)を標的として、REEを代謝する微生物のスクリーニングをさらに行う。REEを含む鉱物、工場廃棄物や都市鉱山(電気自動車、家電製品、携帯電話など)のような固体、また、鉱水や工場廃水のような液体からREEを回収できるように戦略を立てる。固体からREEを特異的に溶出する微生物や、溶液中のREEを特異的に吸着・濃縮する微生物の探索を行う。複数の元素が混在する廃水・廃棄物サンプルからの目的元素回収の評価を行うために、GS-MS、ICP-AESやEDXなどの分析機器を用いて気相、液相、固相の分析を行い、レアメタルの相変化による挙動を解明する。これにより微生物によるレアメタルの代謝機構を解明する。分離された微生物は先行研究であるセレン酸還元細菌と同様にREE除去・回収バイオリクターの開発や精錬プロセスの構築を行う。

＜今後期待される研究成果＞

将来日本の産業が生き残る道は、技術力をベースにした、省エネ技術やエコリサイクル技術を含む技術開発力に集約されると思われる。特にレアメタルから発展する環境・エネルギービジネスがキーテクノロジーとなる。太陽発電、燃料電池、電気自動車等などはレアメタルから発想できる事業である。持続的にレアメタルを供給するために、備蓄する事、新規な探鉱を開発する事や代替材料を開発する事は必須であるが、まだかなりの時間はかかると思われる。本技術開発は、すでに多量に存在する使用済製品や廃水・廃棄物からの有価金属の回収であり、免税制度などを作り民間活力を利用すれば、3R(reduce, reuse, recycle)技術が確立できると思われる。レアメタルは有用資源として注目されているが、一方で知らず知らずの内にレアメタル汚染という新たな環境汚染が懸念されている。本研究は、廃棄物からのレアメタル処理技術も兼ねており、資源循環と環境保全の一石二鳥の技術として、循環型社会の構築に大いに寄与するものである。

今後具体的には、セレンを先行研究とした廃水・廃棄物からセレンを回収できるプロセス技術を構築することによって、レアメタル除去・回収を達成する実用的な一連の技術群を確立するための基盤が構築できると思われる。セレン酸やテルル酸還元細菌だけでなく、希少性、商業性の高い新しい鉱種に対応できるレアメタル代謝微生物を取得し、微生物・遺伝子・代謝関連酵素のライブラリーを作製する。学術的にも経済的にも(特許を含む)、知的基盤情報が構築できると思われる。実用的な新しいレアメタル代謝微生物を獲得後は、それらの微生物を活用した回収プロセスを構築する。実用化するためには企業と共同研究を行い実証化レベルのプラントを設置すると共に、国内外に循環型社会システムの必要性をマスメディアを通して認知、流布させることにより、市場拡大を目指したレアメタルの資源循環型社会システムの基盤を形成できると思われる。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

SIT 総合研究所の研究センター(レアメタルバイオリサーチセンター)として推進している事業であり、毎年、自己点検を行っている。また、客観評価について、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚のない評価やアドバイス等を受けている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

(1) 金属代謝微生物

(2) レアメタル

(3) セレン

(4) テルル

(5) レアアースエレメント

(6) バイオリクター

(7) 微生物変換

(8) バイオメタルセンサー

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*1. 山下光雄、大塚治：「セレン酸還元細菌 NT-I 株を用いた廃水からのセレン回収」水環境学会誌、査読無、37(2)、1-5 (2014)。

*2. Selenium volatilization under aerobic conditions and recovery from aqueous phase by *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Masashi Kuroda, Emi Notaguchi, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike. Water Research. 査読有. 47, 1361-1368, 2012.

*3. Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium for tellurium recovery from wastewater. Tsubasa Kagami, Akira Fudemoto, Noriyuki Fujimoto, Emi Notaguchi, Masaya Kanzaki, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Waste and Biomass Valorization. 査読有. 3(4), 409-418, 2012.

*4. 池道彦、山下光雄、黒田真史：「メタルバイオ技術による排水からのレアメタル回収の可能性」環境バイオテクノロジー学会誌、査読無、vol.12、3-8、(2012)。

*5. Laboratory-scale bioreactors for soluble selenium removal from selenium refinery wastewater using anaerobic sludge. Satoshi Soda, Masami Kashiwa, Tsubasa Kagami, Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Desalination. 査読有. 279, 433-438 (2011).

*6. Characterization of *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of removing soluble selenium from the aqueous phase under aerobic conditions. Masashi Kuroda, Emi Notaguchi, Akiko Sato, Masaya Yoshioka, Ai Hasegawa, Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike. J. Biosci. Bioeng. 査読有. 112(3), 259-264 (2011).

7. Molecular cloning and characterization of the *srdBCA* operon encoding the respiratory selenate reductase complex from the selenate-reducing bacterium, *Bacillus selenatarsenatis* SF-1. Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, Kanako Imao, Noriyuki Fujimoto, Hisayo Ono, Kouta Nagano, Emiko Miwa, Kazunari Sei, and Michihiko Ike. J. Bacteriol. 査読有. 193(9), 2141-2148 (2011).

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*8.「レアメタルのバイオ濃縮回収技術の可能性」.成田尚宣、山下光雄.応用微細藻類学.小柳津広志、倉橋みどり編集.成山堂書店.分担.190. 2012.

*9.「バイオボータリゼーションによるセレンの回収」. 成田尚宣、山下光雄. リサイクル・廃棄物事典.産業調査会事典出版センター.分担.600. 2012.

10. Phytoremediation for soils contaminated by heavy metals using the symbiosis between *Astragalus sinicus* with rhizobacteria. Mitsuo Yamashita. Handbook of Metal Biotechnology — Applications for Environmental Conservation and

Sustainability. Pan Stanford Publishing. 231. 2012.

11.「レンゲと根粒菌の共生による重金属ファイトレメディエーション」.山下光雄. 植物機能のポテンシャルを活かした環境保全・浄化技術 ～地球を救う超環境適合・自然調和型システム～.CMC 出版. 261. 2011.

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*12. ジャーファーマンターを用いた *Pseudomonas stutzeri* NT-Iによるセレンオキソアニオン還元特性の検討。樋口靖典、成田尚宣、黒田真史、惣田訓、山下光雄、池道彦(2013 年度(第 50 回)日本水処理生物学会、神戸市、11 月 13-15 日)

13. Analyses of selenate reduction mechanism in *Pseudomonas stutzeri* NT-I, the promising biocatalyst for selenium-removal and recovery from contaminated water. Masashi Kuroda, Emiko Miwa, Kazunari Sei, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. (Metals and Related Substances in Drinking Water 5th international Conference, November 6-9, 2013, Shanghai, China)

14. *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of reducing selenate/selenite into elemental selenium and methyl selenides; a versatile microbial agent for biotreatment/bioremediation of selenium contamination. M. Kuroda, T. Kagami, T. Narita, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike. (VJSE: Vietnamese-Japanese Students' Scientific Exchange Meeting, September 23, 2013, Osaka, Japan)

*15. Development of recycling technology of rare-earth elements (REE) from wastes using microorganism's metabolism。Mitsuo Yamashita, Takumi Horiike. (Japan Sustainable Mining, Investment & Technology business forum 2013, 東京、5 月 16-17 日)

*16. *Pseudomonas stutzeri* NT-IIによるセレン酸還元機構の解析。黒田真史、三輪美恵子、清和成、惣田訓、山下光雄、池道彦(日本農芸化学会2013年度(平成25年度)、仙台、3月25-28日)

*17. テルル酸還元細菌 *Ochrobactrum anthropi* Ti-3株のテルル酸還元能の解析。大塚治、長谷川智美、坂本康太、生田裕馬、池道彦、山下光雄(日本農芸化学会2013年度(平成25年度)、仙台、3月25-28日)

18. 二種のセレン酸還元細菌のセレン酸還元関連遺伝子の解析。黒田真史、三輪恵美子、清和成、惣田訓、山下光雄、池道彦(2012年度(第49回)日本水処理生物学会、北里大学白金高輪キャンパス、11月24-25日)

*19. *Pseudomonas stutzeri* NT-Iを用いたセレン揮発化除去・回収プロセスの試行。黒田真史、成田尚宣、三輪美恵子、鏡つばさ、惣田訓、山下光雄、池道彦(2012年度日本生物工学会大会、神戸国際会議場、10月23-26日)

*20. セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-Iを用いたセレン酸および亜セレン酸還元最適化。成田尚宣、鏡つばさ、黒田真史、惣田訓、池道彦、山下光雄(2012年度日本農芸化学会大会、京都女子大学、3月22-25日)

*21. Recycling of selenium from K-powder in selenate reducing bacterium, *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Shun Ochiai, Takanobu Narita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, Michihiko Ike, and Mitsuo Yamashita (SEATUC 6th congress, March, 6-7, 2012)

- *22. Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium. Tsubasa Kagami, Akira Fudemoto, Noriyuki Fujimoto, Emi Notaguchi, Masaya Kanzaki, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. (Ecomate, 2011 年 11 月 28-30 日)
- *23. セメント工場から発生する K パウダーからのセレン回収方法の基礎検討。長谷川愛、黒田真史、花田晶子、惣田訓、山下光雄、池道彦(廃棄物資源循環学会第 22 回研究発表会、東洋大学、11 月 3-5 日)
- *24. メタルバイオ技術による排水からのレアメタル回収の可能性。池道彦、山下光雄(2011 年日本生物工学会、東京農工大学、東京、9 月 26-28 日)
- *25. セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いた K パウダーからのセレンの回収。落合俊、成田尚宣、清和成、惣田訓、池道彦、山下光雄(2011 年日本生物工学会、東京農工大学、東京、9 月 26-28 日)
- *26. Optimization of seleno-oxyanions reduction and recovery of elemental and gaseous selenium with selenate reducing bacterium, *Pseudomonas stutzeri* NT-I. T. Narita, M. Kashiwa, S. Yamazaki, T. Horiike, Y. Tokunaga, S. Kuboyama, H. Shirai, S. Ogiyama, S. Soda, M. Ike, and M. Yamashita. (International Union of Microbiological societies 2011 Congress, Sapporo, 2011 年 9 月 6-10 日)
- *27. *Pseudomonas stutzeri* NT-I capable of reducing selenate/selenite into elemental selenium and volatilizing them as methylated selenium. E. Miwa, M. Kuroda, E. Notaguchi, A. Sato, M. Yoshioka, A. Hasegawa, T. Kagami, K. Sei, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike. (International Union of Microbiological societies 2011 Congress, Sapporo, 2011 年 9 月 6-10 日)
28. Molecular cloning and characterization of the *srdBCA* operon encoding the respiratory selenate reductase complex from the selenate-reducing bacterium, *Bacillus selenatarsenatis* SF-1. Masahi Kuroda, Mitsuo Yamashita, Emiko Miwa, Kazunari Sei, and Michihiko Ike. (Asian Congress on Biotechnology ACB-2011, Outstanding awards for young scientists, 2011 年 5 月 11-15 日, Shanghai, China)

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

芝浦工業大学工学部応用化学山下研究室(生命化学研究室)のホームページに(<http://www.ch.shibaura-it.ac.jp/yamashitalab/index.html>)に一部情報を公開している。

公益社団法人 日本生物工学会 メタルバイオテクノロジー研究部会の代表をしており、(http://www.sbj.or.jp/division/division_metalbio.html)に一部情報を公開している。

<これから実施する予定のもの>

- ・地球を救うメタルバイオテクノロジー。山下光雄、清和成編集・執筆。成山堂書店。2014 年 3 月 18 日発行予定。
- ・テルルを代謝する新規海洋性微生物の獲得とその機能解析。堀池巧、大塚治、田中康

寛、寺原猛、今田千秋、山下光雄（日本農芸化学会2014年度（平成26年度）、東京、3月27-30日）

・*Pseudomonas stutzeri* NT-Iのジメチルジセレニド合成能の特徴。大塚治、成田尚宣、黒田真史、池道彦、山下光雄（日本農芸化学会2014年度（平成26年度）、東京、3月27-30日）

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

*29. 太平洋セメント(株)とは「セメント製造工程におけるセレンおよび他の有害物質浄化技術の開発」という題目で共同研究を行っている。

*30. JX 日鉱日石金属(株)とは JX 日鉱日石金属由来の廃水サンプルを用いて低コストで高効率なレアメタルを回収するためのプロセスの開発を目指して、「レアメタル回収実証プラント構築を目指した開発研究」という研究題目で共同研究を行っている。

31. 三菱レーヨン(株)とは「分離膜を用いたセレン処理・回収技術の研究」という研究題目で共同研究を行っている。

32. テレビ朝日 スーパーJ チャンネル 平成25年5月1日(水)「ゴミに隠れた『宝』を発掘 レアメタル鑑定」という番組で本研究内容の微生物によるレアメタル回収が取材、放映された。

33. 朝日新聞 平成25年7月31日(水)夕刊「レアメタル 微生物で回収」とタイトルの記事が掲載された。

34. 電気新聞 平成25年10月15日(火)「全国理系学び舎紀行」に研究室と研究内容が紹介された。

35. 化学工業日報 平成26年1月6日(月)「グリーンイノベーション」に研究内容(微生物でレアメタル回収)が掲載された。

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

＜「選定時」に付された留意事項＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

基盤形成の観点からの研究成果に留意されたい。

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

将来につなげる基礎的な実験結果を取得することを心がけ、学術論文や著書や学会発表での成果をあげることを重視した。さらに基礎的な研究を実用化に結びつけるため、企業と共同研究を行ない、特許申請も行った(研究成果の副次的効果参考)。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

日本の住宅ストックの約4割は共同住宅であり、そのかなりの部分を占める区分所有マンションの老朽化が進んでいる。外から見ると健全に見えるマンションでも、入居者の高齢化、独居化が進み、住まい手の人間関係が崩壊しつつある。高齢化が進み、世帯用の住戸に1人、2人の高齢者が住まう。共同住宅の人口構成は歪で、地域コミュニティとしても機能していない。構造体として十分、耐久性、耐震性がある住宅ストックのインフィル（住宅の内装・設備）改修を行い、「住まい」と「住まい手」のミスマッチを解消して、健全な住共同体として再生することが急務である。技術的にどのように改修工事をするかだけではなく、住宅改修により、今後、どのように快適な地域社会を構築するかについても研究を行う。共同住宅を、高齢者が住み続け、若い世帯も入居する、持続可能性を持った「すまい」として再生するため、ハード、ソフトの両面で総合的に検討する。

持続可能性や資源の有効活用の側面からも、これまでのように短い期間で、住宅をスクラップアンドビルドにより浪費することはできない。若い世代が今後、住居に負担できる資金は限られている。都心にリーズナブルな費用負担で、真に豊かな住環境を手に入れるためには、既存の住宅ストックを、有効に活用していくことが必須である。次の世代に、既存住宅ストックを、適切な姿で、引き継ぐ手法を構築することが、本研究の社会的意義である。

具体的には、芝浦工業大学に近接する江東区新木場の木材流通企業と連携して、インフィル改修に木材を活用する手法を開発している。本研究は、既存住宅のストック改修と言う社会的課題と、景気低迷に苦しんでいる地元の木材流通加工業の振興と言う経済的課題とを組み合わせ、複合的に解決することを目指している。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

(1) マンション改修用設計図書の作成および施工実験

- ①平成 24 年度に実施した市場分析に基づき、モデルとなる標準的規模のマンションの改修工事の基本設計図書を作成した。設計図書作成の検討作業に本年度、調達したCADシステムを活用した。
- ②基本設計図に基づき、実際のマンションリフォーム工事を実施した（工事にかかわる経費は本研究とは別）。工事期間中、共同研究者のStephen Kendall教授が来日し、国際的視点から施工実験のレビューを行った。
- ③インフィル改修工事に先立ちインフィル部品の市場調査、木材の卸市場、小売市場の現地調査を行った。インフィル製作工場と部品製作の詳細について打ち合わせを行った。
- ④施工実験の結果を分析し、内装インフィルの製作上の課題、市場化における課題（価格、

プロジェクト番号

S1201021

流通等)の検討を行った。

(2)上記①～④とは別に、長寿命化を目指して UR 都市再生機構が1980年代初頭に多摩ニュータウンに建設した可変性を高めた KEP 実験共同住宅、民間事業者が浦安に1980年代に建設した長寿命共同住宅(CHS:センチュリー・ハウジングシステム)の居住履歴および改修履歴の実態調査を行った。

(3)江東区におけるマンションリフォーム市場の調査

江東区において市場に供給されている改修された中古マンションの価格とそのマンションの分譲当時の価格を比較分析し、マンションの改修がもたらす不動産価値の増加を、マンションの竣工年別、地区別に分析した。

(4)マンションリフォーム業者へのヒアリング調査

中古マンションを買い取り、リフォーム後に分譲している上場企業および、区分所有者の依頼を受けて個別設計のスケルトンリフォーム工事を行っている業界 1 位の企業にヒアリング調査を行い、リフォーム工事の技術上の問題点を明らかにした。

(5)都市住宅学会査読付き論文1編、一般論文8編を発表した。本研究の成果を反映して、単著(P.200)1冊、共著6冊を出版した。日本建築学会での学術講演4編、専門家やマンション管理組合役員を対象としたセミナーなどで講演、パネルディスカッションを4回行い、研究成果を報告した。新聞、雑誌などの取材を受け、研究成果が報道された。研究内容について国土交通省社会資本審議会で発言し、議事録が国土交通省のウェブサイトで公開された。

平成 24 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所 建築ストック研究センター

4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲3-7-5

5 研究プロジェクト名 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
南 一誠	工学部建築学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 14 名

プロジェクト番号

S1201021

9 該当審査区分

理工・情報生物・医歯人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

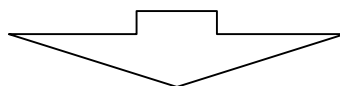
研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
南 一誠	工学部・教授	木材を活用した住宅内装の開発	地場産業を活かした住宅内装の開発と事業化
古屋 浩	工学部・教授	改修用住宅設備の開発	住宅設備の開発
秋元 孝之	工学部・教授	改修用住宅設備の開発	住宅設備の開発
桑田 仁	デザイン工学部・准教授	住宅需要の地域特性	地域ニーズに合った住宅改修
平野 真	工学マネジメント研究科・教授	インフィル産業の企業化	企業化に向けた要件整理
(共同研究機関等) 澤田 誠二	前明治大学理工学部教授、芝浦工業大学客員教授	建築構法、団地再生	サプライチェーンマネジメントの計画
真鍋 恒博	前東京理科大学理工学部教授、元同学部長、芝浦工業大学客員教授	建築構法の開発要件検討	研究計画、課題設定、研究手法に関する検証
山崎 尚	(株)山康商店・代表取締役社長	木材加工、流通	地場産業の育成、技術支援
Stephen Kendall	Ball State 大学・教授	オープンビルディング	インフィルの市場開発
Tedd Benson	Bensonwood・代表取締役社長	木造工法	木造住宅生産の先進技術供与
近角 真一	集工舎都市建築デザイン研究所・所長	SI 工法	スケルトンインフィル技術の開発
安達 好和	(株)インテリックス空間設計・取締役	インフィル開発	インフィル下地の技術開発
門脇 耕三	明治大学・専任講師	建築構法の技術開発	改修用構法の研究開発

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
改修工事の施工性	工学部・教授	木本 健二	現場施工性の向上

(変更の時期:平成24年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
(新採用)	工学部・教授	土方 勝一郎	耐震性分析
(新規)	客員教授	橋本 百樹	

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

江東区新木場の木材流通企業と連携して、区内の経年の進んだ共同住宅のインフィル（住宅の内装・設備）改修を行うための建築構法を開発する。全国各地には、4920 万戸の住宅が存在し（平成 20 年度）、その約 4 割、2068 万戸が共同住宅である。そのうち約 600 万戸がマンションであるが、経年が進んだ建物の比率が、年々高まっている。一方、日本社会は、少子化、高齢化、小世帯化が進み、建設された当時とは、家族構成、ライフスタイルが大きく変化している。私たちが進むべき、持続可能な社会を実現するには、既存の共同住宅を短い周期で建替えるのではなく、住戸内部の仕上げ、設備で構成されるインフィルを、その時代のライフスタイルや居住者のニーズに即したものに定期的に更新し、快適な生活を実現するための技術が求められている。

本研究では、まず研究対象地域である江東区における、住居ニーズの実態把握を行い、高齢化や在宅介護などの社会ニーズに対応した改修技術の開発を目指す。改修工事の生産性の向上と経済性を実現するため、工業化住宅の内装システムで開発されてきた生産技術やサプライチェーン（物流）などを応用して、製品開発を行う。そのため、研究プロジェクトの参加者には、民間企業にて長年にわたり、工業化住宅を開発してきた技術者や、UR 都市再生機構の共同住宅の改修工事の設計経験を有する技術者を含めて実施している。

申請者はこれまで、共同住宅の長期居住履歴と改修工事の実態調査を数多く行い、その成果を論文発表している。また UR 団地再生機構の既存住宅ストック改修のための技術開発プロジェクト「ルネッサンス計画1」の審査員やアドバイザーを務めてきた。2012 年 2 月から 8 月まで、国土交通省に設置された「持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会」の委員として働き、その後、その成果の周知のためシンポジウム講師などを担当している。本研究は、申請者のこれらの研究成果を基礎とし、さらに発展させることを目指して行っている。

本研究は、既存住宅のストック改修という、我が国が抱える社会的課題と、地域の木材流通加工業の産業振興と言う経済的課題とを組み合わせ、複合的に解決することを、目指している。

(2) 研究組織

研究目的を達成するため、この分野の研究、実務に精通する学内外の専門家による、下記の産学連携研究組織を構成し、定期的に打ち合わせを行うことにより、研究を進めている。研究を円滑に進めるため、学外研究者には芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授、客員研究員を委嘱している。芝浦工業大学理工学研究科の建設工学専攻分野における連携大学院客員教授には、オブザーバーになっていただき、定期的に助言をいただいている。

【学内】

1. 芝浦工業大学・教授 南 一誠（代表者）
2. 芝浦工業大学・教授 古屋 浩
3. 芝浦工業大学・教授 秋元 孝之
4. 芝浦工業大学・教授 土方 勝一郎
5. 芝浦工業大学・准教授 桑田 仁
6. 芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科・教授 平野 真

【学外】

7. 明治大学・工学部元教授 澤田誠二(芝浦工業大学客員教授)
8. 東京理科大学・元工学部長・元教授 真鍋恒博(芝浦工業大学客員教授)
9. Ball State 大学・教授 Stephen Kendall (芝浦工業大学客員教授)
10. Bensonwood 代表取締役社長 Tedd Benson (芝浦工業大学客員教授)
11. 集工舎都市建築デザイン研究所所長 近角 真一(芝浦工業大学客員教授)
12. インテリックス取締役 安達 好和(芝浦工業大学客員教授)
13. 株式会社山康・代表取締役社長 山崎 尚(芝浦工業大学客員教授)
14. 明治大学・専任講師 門脇 耕三(芝浦工業大学客員研究員)
15. 長谷エコーポレーション 技術研究所部長 橋本百樹

【オブザーバー】

15. プロパティデータバンク株式会社代表取締役社長 板谷 敏正(芝浦工業大学客員教授)

(3) 研究施設・設備等

芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟 7 階 C25 室および 8 階 C25 室を拠点として研究を行っている。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

申請書に記載した平成25年度の研究内容について、計画的に研究を進めており、3月末までに当初の目標を達成できる見込みである。

(1) マンション改修用設計図書の作成および施工実験

- ①平成 24 年度に実施した市場分析に基づき、モデルとなる標準的規模のマンションの改修工事の基本設計図書を作成した。設計図書作成の検討作業に本年度、調達したCADシステムを活用した。
- ②基本設計図に基づき、実際のマンションリフォーム工事を実施した(工事にかかわる経費は本研究とは別)。工事期間中、共同研究者のStephen Kendall教授が来日し、国際的視点から施工実験のレビューを行った。
- ③インフィル改修工事に先立ちインフィル部品の市場調査、木材の卸市場、小売市場の現地調査を行った。インフィル製作工場と部品製作の詳細について打ち合わせを行った。
- ④施工実験の結果を分析し、内装インフィルの製作上の課題、市場化における課題(価格、流通等)の検討を行った。

(2) 上記①～④とは別に、長寿命化を目指して UR 都市再生機構が1980年代初頭に多摩ニュータウンに建設した可変性を高めた KEP 実験共同住宅、民間事業者が浦安に1980年代に建設した長寿命共同住宅(CHS:センチュリー・ハウジングシステム)の居住履歴および改修履歴の実態調査を行った。

(3) 江東区におけるマンションリフォーム市場の調査

江東区において市場に供給されている改修された中古マンションの価格とそのマンションの分譲当時の価格を比較分析し、マンションの改修がもたらす不動産価値の増加を、マンションの竣工年別、地区別に分析した。

(4) マンションリフォーム工事の実態調査

中古マンションを買い取り、リフォーム後に分譲している上場企業および、区分所有者の依頼を受けて個別設計のスケルトンリフォーム工事を行っている業界 1 位の企業にヒアリング調査を行い、リフォーム工事の技術上の問題点を明らかにした。

- (5) 都市住宅学会査読付き論文1編、一般論文8編を発表した。本研究の成果を反映して、単著(P.200)1 冊、共著 6 冊を出版した。日本建築学会での学術講演 4 編、専門家やマンション管理組合役員を対象としたセミナーなどで講演、パネルディスカッションを4回行い、研究成果を報告した。研究内容について国土交通省社会資本審議会で発言し、議事録が国土交通省のウェブサイトで公開された。*

<特に優れた研究成果>

新聞(日刊建設工業新聞)、雑誌(ダイヤモンドムック)などの取材を受け、研究成果が報道された。出版物を読んだ読者から、居住する住宅団地の再生について問い合わせや協力依頼を受け、情報提供した。*

<問題点とその克服方法>

特に大きな問題点は、ありません。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

国土交通省、社会資本整備審議会・社会資本メンテナンス戦略小委員会、同・建築分科会、同・建築基準制度部会*の委員として、委員会の審議に研究成果を還元し、社会貢献に努めている。

<今後の研究方針>

既存の共同住宅を、今後、長期的に住み続けられるものにするために、構想調書に記載した内容を計画的に研究している。平成 26 年度において当初、計画していた下記の内容については平成 25 年度に一部、前倒しで実施した。

- ①基本設計、製作図に基づき、住宅改修用木製インフィルの試作品を工場製作する。
- ②試作品を分析して、基本設計、製作図の改良を行う。

平成 26 年度においては、下記の研究を重点的に進める。

- ① 現場施工の分析結果に基づき、基本設計、製作図の改良作業を行う。
- ② 現場施工実験の成果に基づき、インフィルを商品化するための要件を整理する。
- ③ 木材の利用促進策について、専門家へのヒアリングを行い、具体的手法を明確にする。
- ④ 平成25年度において整備したインフィル設計支援の BIM 対応 CAD を活用して、住宅団地再生の実践的検討作業を行う。

<今後期待される研究成果>

平成 26 年度以降、構想調書に記載した研究を計画的に進めることにより、下記の研究成果が得られるものと期待している。

- ①平成24、25年度に調査分析した江東区における共同住宅の居住者特性と、マンションストックの実態に基づき、地域の共同住宅のインフィル改修の需要を、世帯種別ごとに導出する。
- ②上記の需要予測に基づき、インフィル改修モデルプランを、若年世帯用、シニア世帯用、介護世帯用、複合世帯用など、タイプ別に作成する。

- ③ インフィル改修のモデル設計、設置実験を行い、施工性、居住性などについて検証する。
 ④ 設置実験の結果をフィードバックし、商品化に向けての課題を明らかにする。
 ⑤ 必要に応じて特許出願を行うと同時に、安定的な需要者の開拓、流通業者、施工代理店の確保など、企業化に向けての準備作業を行う。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 共同住宅 (2) ストック活用 (3) インフィル(内装・設備)
 (4) 既存改修 (5) 木材利用 (6) 地域産業再生
 (7) 高齢者居住 (8) ビジネスモデル構築

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

＜雑誌論文＞

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

(A)査読有りの論文

- * 1) 成熟社会における共同住宅ストックの再生、都市住宅学会 20 周年記念誌「都市住宅に関する提言」、pp.114-117、2013 年 8 月

(B)査読なしの論文

- * 1) 時と共に変化する建築 使い続ける技術と文化 リフォーム&リニューアルによる新しい価値の創造、南一誠、月間リフォーム、第 31 巻 1 号通巻 358 号、pp.46-49、2014 年 1 月
 * 2) マンションストックの再生技術と専門家の役割、南一誠、日本ウレタン建材工業、会誌ウレタン建材 37 号、pp. -、2014 年 1 月
 * 3) 「マンション再生に係る専門家の育成」について、公益社団法人全国市街地再開発協会 市街地再開発、pp.30-45、No.523、2013 年 11 月
 * 4) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(1)、加藤達也、菅原晃、原田亮介、丸山諒太郎、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.225-226、2013 年 8 月
 * 5) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(2)、原田亮介、加藤達也、菅原晃、丸山諒太郎、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.227-228、2013 年 8 月
 * 6) 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興、丸山諒太郎、加藤達也、菅原晃、原田亮、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.1017-1018、2013 年 8 月
 7) 農山村地域の居住者と都会からの移住者の領域認識の差 ー山梨県早川町奈良田集落における空間利用の実態からー、青沼寛子、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.1353-1354、2013 年 8 月
 * 8) 長寿命建築と都市、社会、技術、南一誠、公益社団法人ロングライフビル推進協会 BELCA NEWS 特集「長寿命化技術の今後の動向」、pp.11-19、2013 年 7 月

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- * 1) 時と共に変化する建築 使い続ける技術と文化、単著、200 ページ、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 2) 木の魅力を伝える、共著(南一誠、山下浩一、三浦清史、宮坂公啓)、pp.4-28、pp.158-159、UNIBOOK、2014 年 2 月 28 日
- * 3) 集合住宅のインフィル改修、集合住宅のインフィル再生技術 ～インテリアの新技术～、共著、井上書院、2014 年 2 月 28 日
- * 4) 日本建築学会叢書「市民と専門家が協働する成熟社会の建築・まちづくり」、共著、「はじめに」、「あとがき」、2014 年 2 月 28 日
- * 5) 共同住宅ストックの再生のための技術の概要 総合、高齢者対応、pp.8-43、共同住宅ストックの再生のための技術の概要 耐用性、pp.44-49、マンションストック再生技術、テツアドー出版、2013 年 6 月 28 日
- * 6) 包括的な生活サービスへの拡大とサプライチェーンを活かしたインフィル産業の構築、南一誠、プレハブ建築協会 50 年史、第4章「これからのプレハブ建築」、p.190、2013 年 5 月
- * 7) 平成 25 年インテリアプランナー更新講習テキスト、財団法人日本建築技術教育普及センター、共著共編、2013 年 4 月

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- * 1) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(1)、加藤達也、菅原晃、原田亮介、丸山諒太郎、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.225-226、2013 年 8 月
- * 2) 茨城県における市町村合併に伴う庁舎再編(2)、原田亮介、加藤達也、菅原晃、丸山諒太郎、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.227-228、2013 年 8 月
- * 3) 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興、丸山諒太郎、加藤達也、菅原晃、原田亮、石川翔一、日比野雄大、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.1017-1018、2013 年 8 月
- * 4) 農山村地域の居住者と都会からの移住者の領域認識の差 ―山梨県早川町奈良田集落における空間利用の実態から―、青沼寛子、南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.1353-1354、2013 年 8 月

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

- * 1) 木の魅力を伝える 趣旨説明、パネルディスカッション、「地(知)の拠点整備事業」イベント、木の魅力を伝える、第 19 回 東京ベイエリア産学官連携シンポジウム、2014 年 1 月 25 日、芝浦工業大学
- * 2) マンションの長寿命化に向けた診断と予防保全、南一誠、公益社団法人ロングライフビル推進協会(BELCA)BELCAセミナー、長く安心して住めるマンションをめざして ―これからのマンション管理のあり方―、2013 年 9 月 4 日、連合会館
- * 3) マンション再生に係る専門家の育成、マンション再生協議会総会・シンポジウム、2013 年 7 月 10 日、すまいるホール
<http://www.uraja.or.jp/mansion/doc/news/130710/document02.pdf>
- * 4) 「総合」及び「耐用性」について 国土交通省「持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会」の成果より、南一誠、第 18 回 リフォーム&リニューアル建築再生展 マンション・ビルのストック再生技術、2013 年 7 月 3 日、東京ビッグサイト
<http://rr2013.rrshow.jp/>

<これから実施する予定のもの>

年度内に追加実施する予定は、ありません。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

＊1) 日刊建設工業新聞ストック活用特集号にインタビュー記事が掲載される予定(2014年2月6日取材)。
(SIT 総合研究所建築ストック研究センターのウェブサイトを見て、取材申し込み。

http://www.shibaura-it.ac.jp/society/advanced_engineering_organization/center11.html)

＊2) 長く暮らせるマンション 多様な住まい方を実現するストック再生の手法、南一誠、ウエインディ 2013年8月15日号、第291号、9ページ (全国のマンション管理組合に配布されているフリーペーパー)

＊3) これからの住まいづくりに求められることとは？、長谷エコーポレーション社内報 SHIN 2013 Autumn vol.23、pp.14-15

＊4) 住民合意をまとめていく 話し合いの糸口をつかむ、ダイヤモンド MOOK 蘇るマンション みんなで決める再生への第一歩、P.21、2013年4月

＊5) 既存住宅ストックの有効利用が目標 木を活かしたリフォームを開発中、総合資格学院 Architekton PLUS vol.7、pp.13-16、2013年4月

＊6) CHS による共同住宅の長期居住履歴と改修に関する実態調査、ハウジングアンドコミュニティ財団との共同研究、2013年7月1日～12月27日

＊7) 国土交通省、社会資本整備審議会・交通政策審議会 社会資本メンテナンス戦略小委員会委員

国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会委員

国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会建築基準制度部会委員

＊8) 建築士法第15条の6第3項の規定により準用する同法第15条の3の規定に基づく二級建築士および木造建築士試験の試験委員、財団法人建築技術教育普及センター

9) 日本学術会議連携会員(第3部)土木工学・建築学委員会

大規模地震災害総合対策分科会、大学等研究・キャンパス整備に関する検討分科会、デザイン等の創造性を喚起する社会システム検討分科会、低炭素建築・都市マネジメント分科会 委員

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

「外部評価を含む評価体制を整備されたい。」との記載をいただいている。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

(1) 外部学識経験者の指導助言

本研究分野の権威である東京理科大学元理工学部長・元教授の真鍋恒博氏に、芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授を委嘱し、原則として毎月1回、研究の進捗状況などについて、指導・助言をいただいている。真鍋教授の紹介で、産業界の専門家からヒアリングする機会を得ることができ、研究内容が実務の実態に即したものとなる成果が得られている。

本研究課題に関連する分野において研究実績が豊富な京都大学工学系研究科教授の高田光雄氏と米ボール州立大学のステファン・ケンドル教授に助言をいただいた。私立大

プロジェクト番号

S1201021

学戦略的研究基盤形成支援事業の建築系分野に採択され研究を進めている関大大学環境都市工学部建築学科の江川直樹教授の研究成果報告会に参加し、戦略研究の進め方、特に成果の公表などについて学んだ。本研究分野と関連する研究課題にて COE 拠点リーダーの経験がある首藤大学東京の深尾精一教授からも、助言をいただいた。

上記の専門家の方がたの評価、助言を踏まえて、研究目標と成果について、絶えず確認を行い、必要に応じて見直すよう心がけている。

(2)2014年3月18日には、芝浦工業大学 SIT 総研外部点検評価委員会を受信する予定である。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	デバイスから電力系統まで考慮した EV 用 MHz 帯域ワイヤレス電力伝送方式の研究		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

社会的な省エネ要求, CO₂削減要求から個々の機器の省エネだけでなく, 自然エネルギーによる発電, 電力輸送, 電力貯蔵を含んだ電力ネットワークの形成が必要とされている。特に輸送分野では電気自動車(EV)の普及が省エネ, CO₂排出量削減の鍵となっており, 停止時の充電のみならず家庭での電力ネットワーク結合(V2H), ならびに走行中の充電および系統への電力回生についても研究が行われており, EV の普及を妨げているバッテリーエネルギー密度の問題を克服しようとしている。つまり EV が創エネ, 省エネ, 蓄エネの役割を果たせるようになれば, 大きな社会革新が実現される。この電力ネットワークの一部としての EV に必要なキー技術がワイヤレス電力伝送技術であり, すでに東大や埼玉大をはじめとした研究機関が EV への応用を前提として研究を行っている。ワイヤレス電力伝送技術は, 1m 程度の距離でも非接触で電力を送れる技術であるが, まだ1kW 程度の小電力伝送しか実現できず, EV 走行中での電力授受や, 急速充電および電力ネットワークの一部として EV が役割を果たすためには送受信電力が不足している。大電力伝送が困難な理由は, 電力の伝送周波数が MHz 帯域と高いために, MHz 帯域での大電力インバータが実現できていないためである。MHz 帯域の大電力インバータの実現には, ワイドバンドギャップ半導体を用いた高速スイッチングデバイスの開発のみならず, インバータ主回路のインピーダンス低減や, 分布定数での回路設計, 高周波磁気回路設計が必要である。以上の背景を鑑み, 本研究プロジェクトでは同一大学ではあるが異なる学科に所属する, 半導体, 材料, 通信, 電力変換, 電気機器, 電力系統の一流研究者を一同に集め, 上記 MHz 帯域の大電力(10kW)電力ワイヤレス伝送用インバータを研究開発し, 実際に非接触で送信した電力によりモータを駆動, 回生電力を系統に連携するまでの複合領域プロジェクトを実施することを目的とする。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

2013 年度は主にインバータ回路スペック決定のための条件だし、具体的には10kW 電力伝送を実現するためのインバータ素子定格を決定し, GaN 素子作成のための信頼性向上策の検討およびインバータ回路の最大インピーダンス計算など, 主にシミュレーションを通して回路スペックを決定してきた。現在までに小型の 1kW GaN 13.56MHz インバータの設計が完了し, そのシミュレーション結果から最大許容寄生素子の大きさを明らかにした。また送受信コイルの一次設計を行い, 必要なアンテナ径, コイル太さを導出し, シミュレーションによりその効果を確認した。これらの結果は SEATUC シンポジウムで発表予定である。

プロジェクト番号

S1311010

**平成 25 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

- 1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学
- 3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター
- 4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 / 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
- 5 研究プロジェクト名 デバイスから電力システムまで考慮した EV 用 MHz 帯域ワイヤレス電力
伝送方式の研究
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
赤津 観	工学部電気工学科	准教授

8 プロジェクト参加研究者数 6 名9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
赤津 観	工学部電気工学科・ 准教授	電力受信ならびに利用方法の研究	研究代表者 MHz 帯電力伝送コイルの実現 と 10kW の電力伝送
下村 昭二	工学部電気工学科・ 教授	電力受信ならびに利用方法の研究	伝送電力による高効率モータ 駆動と力率制御
藤田 吾郎	工学部電気工学科・ 准教授	電力受信ならびに利用方法の研究	回生された電力のスムーズな 系統連系
石川 博康	工学部電子工学科・ 准教授	高周波インバータの研究	MHz 帯域で動作する大電力ス イッチングデバイスの実現
上野 和良	工学部電子工学科・ 教授	高周波インバータの研究	低抵抗配線材料による低イン ピーダンスインバータの実現
田中 慎一	工学部通信工学科・ 教授	高周波インバータの研究	MHz 帯での高周波インバータ 回路のパターン実現
(共同研究機 関等)			

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

該当なし。

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

社会的な省エネ要求, CO₂削減要求から個々の機器の省エネだけでなく, 自然エネルギーによる発電, 電力輸送, 電力貯蔵を含んだ電力ネットワークの形成が必要とされている。特に輸送分野では電気自動車(EV)の普及が省エネ, CO₂排出量削減の鍵となっており, 停止時の充電のみならず家庭での電力ネットワーク結合(V2H), ならびに走行中の充電および系統への電力回生についても研究が行われており, EV の普及を妨げているバッテリーエネルギー密度の問題を克服しようとしている。つまり EV が創エネ, 省エネ, 蓄エネの役割を果たせるようになれば, 大きな社会革新が実現される。この電力ネットワークの一部としてのEVに必要なキー技術がワイヤレス電力伝送技術であり, すでに東大や埼玉大をはじめとした研究機関が EV への応用を前提として研究を行っている。ワイヤレス電力伝送技術は, 1m 程度の距離でも非接触で電力を送れる技術であるが, まだ1kW 程度の小電力伝送しか実現できず, EV 走行中での電力授受や, 急速充電および電力ネットワークの一部としてEVが役割を果たすためには送受信電力が不足している。大電力伝送が困難な理由は, 電力の伝送周波数が MHz 帯域と高いために, MHz 帯域での大電力インバータが実現できていないためである。MHz 帯域の大電力インバータの実現には, ワイドバンドギャップ半導体を用いた高速スイッチングデバイスの開発のみならず, インバータ主回路のインピーダンス低減や, 分布定数での回路設計, 高周波磁気回路設計が必要である。以上の背景を鑑み, 本研究プロジェクトでは同一大学ではあるが異なる学科に所属する, 半導体, 材料, 通信, 電力変換, 電気機器, 電力系統の一流研究者を一同に集め, 上記 MHz 帯域の大電力(10kW)電力ワイヤレス伝送用インバータを研究開発し, 実際に非接触で送信した電力によりモータを駆動, 回生電力を系統に連携するまでの複合領域プロジェクトを実施することを目的とする。

(2)研究組織

研究代表者(赤津観)は研究の進捗とりまとめおよび予算管理、月例ミーティングの開催など各研究者での研究がスムーズに進むようマネジメントを行っている。研究代表者を含めた各研究者 6 人は研究プロジェクトの一部となるそれぞれ独立した研究テーマをもち、各研究テーマについて責任をもって研究を遂行しており、それぞれの研究成果の集合体が研究プロジェクトの成果となる課題設定を行っている。また各研究テーマにおいては研究者の研究室の学生が担当しRA(3名)がとりまとめを行っている。各研究テーマの進捗は月1回の月例ミーティングで報告を行い、それぞれのテーマについて技術的なディスカッションを通して相互補完するとともに全体の進捗を確認している。またプロジェクトの予算管理や書類業務は本学研究支援課が支援している。

(3)研究施設・設備等

研究施設は大宮キャンパス先端工学研究機構棟に 3 部屋(50m²)、豊洲キャンパス交流棟に 50m²を実験室として使用しており、先端工学研究機構棟には金属膜スパッタ装置およびモータ、インバータの実験装置を設置、豊洲キャンパス交流棟には電子ビーム真空蒸着器ならびにインバータ実装装置、評価装置を設置している。これら装置は今年度設置したものであり立ち上げ中なため具体的な稼働時間は未計測であるが、立ち上がり次第電子ビーム真空蒸着器では GaN デバイスの作成を、金属膜スパッタ装置では低抵抗配線素材の作成を行っていく。

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

2013 年度は主にインバータ回路スペック決定のための条件だし、具体的には 10kW

電力伝送を実現するためのインバータ素子定格を決定し、GaN 素子作成のための信頼性向上策の検討およびインバータ回路の最大インピーダンス計算など、主にシミュレーションを通して回路スペックを決定した。現在までに小型の 1kW GaN 13.56MHz インバータの設計が完了し、そのシミュレーション結果から最大許容寄生素子の大きさを明らかにした。また送受信コイルの一次設計を行い、必要なアンテナ径、コイル太さを導出し、シミュレーションによりその効果を確認した。これらの結果は SEATUC シンポジウムに採択され発表予定(*1, *2) である。

また EV 走行で頻繁に用いられる低速低トルク領域の効率改善を目的としたモータとしてバーニアモータに着目し、その設計および駆動特性取得が完了した。これらの成果を国際会議にて発表した(*3, *4, *5)。

<特に優れた研究成果>

上記*1 ではインバータ内部の寄生インダクタンスに着目した研究成果であり、大電力高周波電力伝送のインバータ設計においては必須かつ新規な結果である。

<問題点とその克服方法>

上記*1 で算出した寄生インダクタンス上限値を満足する実装方法の創出が課題であり、この課題を新しい低抵抗配線や 3 次元実装技術で克服していく予定である。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

大電力高周波インバータの設計方法に関する研究成果であり、今後の需要増大を鑑みると本研究成果が副次的に今後のインバータ設計に用いられる可能性は高い。具体的な実装技術が検討でき次第特許出願を考えていく。

<今後の研究方針>

平成 26 年度では決定した回路スペック実現のための素子設計、回路設計、磁気設計を行い 3kW 程度の試作品を設計、試作する。

平成 27 年度では試作した回路の実験を通して 10kW 用素子設計、回路設計、磁気設計を行う。また、10kW モータによる回生電力向上策の検討および回生電力の系統連系方法の検討を行う。

平成 28 年度では 10kW の電力送信実験を行い、10kW のモータを駆動する。また回生電力を発生させ、電力系統への安定な電力回生を行う。

<今後期待される研究成果>

本プロジェクトの実現により、高周波電力伝送に関する個々の分野での学術的貢献はもちろんのこと、パワーエレクトロニクス of 新しい学術領域の創造ならびに複合領域研究の必要性を明確にでき、実社会にて即戦力となる学生の創出ならびにニーズオリエンテッドな研究者の創出が期待され、私立大学ならではのフレキシブルな研究体制による成果創出の規範モデルとなる成果が期待される。

個々の分野の成果としては、“小型高効率高周波大電力インバータの実現”によりEV等の走行中非接触給電が可能になり、また要素技術として“高効率インバータの設計方法”や“高周波デバイスの設計方法”が明らかになることで学術的な貢献が期待される。さらには“受電電力の系統連系”によりEVの電力ネットワークが実現できる。

プロジェクト番号

S1311010

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学, 企業等)からなる評価委員会を実施し、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

(1) 非接触電力伝送

(2) 高周波インバータ

(3) アンテナ

(4) パワーエレクトロニクス

(5) 低抵抗配線

(6) 高効率モータ

(7) 三次元実装

(8) 電力系統連系

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

該当なし

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

該当なし

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*1 Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Analysis And Design Of A 13.56 MHz Resonant Inverter For Wireless Power Transfer Systems", 2013 SEATUC symposium, March, 2014, (accepted)

*2 Noor Hidayah Binti Mustafa Kamal and Kan Akatsu, "Antenna Design for 13.56MHz Magnetic Power Transfer Technology", 2013 SEATUC symposium, March, 2014, (accepted)

*3 M. Takano, S. Shimomura, "Study of variable reluctance vernier motor for hybrid electric vehicle", Conference record of *ECCE Asia Downunder (ECCE Asia)*, 2013 IEEE, pp.1341,1347, 3-6 June 2013

*4 M. Takano, S. Shimomura, "Improvement of torque density of variable reluctance vernier machine for hybrid electric vehicle," Conference record of *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2013 IEEE, pp.1205,1212, 15-19 Sept. 2013

*5 R. Ishikawa, K. Sato, S. Shimomura, and R. Nishimura, "Design of In-Wheel Permanent Magnet Vernier Machine to reduce the armature current density", Conference record of *International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS Busan)*, 2013, pp. 459-464, 26-29 Oct. 2013

プロジェクト番号

S1311010

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

該当なし

<これから実施する予定のもの>

研究成果に関しては研究代表者の HP にて公表予定

<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~akatsu/index.html>

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

日産自動車(株)との連携により半導体デバイス実装装置(約 10 点)の貸与を受け豊洲校舎研究棟1階に設置した。本装置により大学でも先進的な半導体実装が可能となり研究の幅を大きくすることができる。当該貸与により日産自動車からも研究者が週 2,3 日のペースで駐在することになり、一緒に研究を進めていくことができる。

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

産業界との連携に配慮されたい

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

上記 14 記載のとおり、日産自動車(株)との連携を進めている。日産自動車からはワイドバンドバンドギャップ半導体の第一人者が派遣され、一緒にデバイス、モジュール開発を進めていくことができるようになった。今後国プロへの応募も予定している。

-	-
---	---

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	ソフトウェア開発技術教育研究センター		
研究観点	ソフトウェア開発技術教育研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究センターでは、文部科学省平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育・学生支援推進事業に「工学系技術者のソフトウェア開発技能育成」のテーマで採択されたことを契機に、Incusphere Project を立ち上げ、活動を行っている。

学習支援環境 LUMINOUS(<https://lmns.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/>)は e-Learning のプラットフォームとなる授業支援システム (Learning Management System) であり、教材の配付、レポートの受理、アンケートの実施、学生への連絡等に加え、学生参加型の学習環境として、日常の授業運営上の問題を改良したシステムである。Web 教科書 WebStudy は、人の頭の中にある要求をコンピュータの理解できるプログラムへと定義する問題解決能力とプログラムの品質の良し悪しを判断できる能力の育成を目標とした教材を提供する Web ブラウザ上で動作するプログラミング学習環境であり、継続的に教材を提供し、授業および学生の自習に活用されている。本プロジェクトでは、こうした学習環境における教材の充実ならびに、ソフトウェア開発技能育成のためのソフトウェア検証技術の研究開発を行っている。ソフトウェアの検証技術とはソフトウェア開発工程で作成される様々な成果物に対し、その満たすべき性質(機能性、信頼性、保守性等のソフトウェア品質特性)を検査する技術であり、レビュー、テスト、形式検証等の技術がある。本プロジェクトでは、こうした技術进行研究し、本プロジェクトの教材ならびに評価ツールへの適用を検討する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

今年度は、学習支援環境 LUMINOUS の機能拡張、Web 教科書 WebStudy の授業への導入、ソフトウェア検証技術の研究として、モデリング学習における自動評価および、昨年度に研究開発した IPA ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業のテーマ「要件定義プロセスと保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用に関する研究」の継続研究等を行い、それぞれ、ツールの授業への適用や研究論文としてまとめる活動を行った。その結果、国内外の学術論文誌に 6 件の研究成果が採録された。

LUMINOUS では現在、Incusphere Project のコースを開設しているが、Incusphere Project におけるソフトウェア開発技術の教育形態には、Web 教科書によるストーリーに沿った基本的な個別学習、個別の課題を学習する際の評価ツールによる学習がある。今年度は、これらに加えて、LUMINOUS を利用した協調学習を実現するための、評価のフィードバック機能、学習者との質疑応答を行う BBS 機能の開発を行った。また、モデリング学習支援として、要求分析過程の成果物である UML のモデルを自動評価し、レポートを生成するツールの開発を行い、授業に適用し、その有効性を評価した。

-	-
---	---

平成 25 年度 ソフトウェア開発技術教育研究センター 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 ソフトウェア開発技術教育研究センター

4 プロジェクト所在地 芝浦工業大学 大宮校舎

5 研究プロジェクト名 Incusphere Project

6 研究観点 ソフトウェア開発技術教育研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
松浦 佐江子	システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 4 名

9 該当審査区分 理工・〇情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

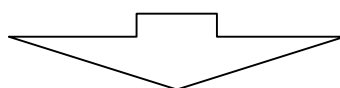
研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
松浦佐江子	システム理工学部・教授	教材・ツールの設計開発・研究成果のまとめ	リーダー・研究全般
菅原英治	SIT 総研研究員	LUMINOUS の設計・開発	ツールの開発・保守
谷沢智史	SIT 総研研究員	WebStudy の設計・開発	ツールの開発・保守
(共同研究機関等)			

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割

-	-
---	---

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究センターでは、文部科学省平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育・学生支援推進事業に「工学系技術者のソフトウェア開発技能育成」のテーマで採択されたことを契機に、Incusphere Project を立ち上げ、活動を行っている。

学習支援環境 LUMINOUS(<https://lmns.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/>)は e-Learning のプラットフォームとなる授業支援システム (Learning Management System) であり、教材の配付、レポートの受理、アンケートの実施、学生への連絡等に加え、学生参加型の学習環境として、日常の授業運営上の問題を改良したシステムである。Web 教科書 WebStudy は、人の頭の中にある要求をコンピュータの理解できるプログラムへと定義する問題解決能力とプログラムの品質の良し悪しを判断できる能力の育成を目標とした教材を提供する Web ブラウザ上で動作するプログラミング学習環境であり、継続的に教材を提供し、授業および学生の自習に活用されている。本プロジェクトでは、こうした学習環境における教材の充実ならびに、ソフトウェア開発技能育成のためのソフトウェア検証技術の研究開発を行っている。ソフトウェアの検証技術とはソフトウェア開発工程で作成される様々な成果物に対し、その満たすべき性質(機能性、効率性、保守性等のソフトウェア品質特性)を検査する技術であり、レビュー、テスト、形式検証等の技術がある。本プロジェクトでは、こうした技術を研究し、本プロジェクトの教材ならびに評価ツールへの適用を検討する。

今年度は、学習支援環境 LUMINOUS の機能拡張(2013 年度芝浦工業大学 FD・SD 活動助成、テーマ「学習支援環境 LUMINOUS における協調学習機能の開発」、予算 2,820,000 円)、Web 教科書 WebStudy の授業への導入、ソフトウェア検証技術の研究として、モデリング学習における自動評価および、昨年度に研究開発した IPA ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業のテーマ「要件定義プロセスと保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用に関する研究」の継続研究等を行い、それぞれ、ツールの授業への適用や研究論文としてまとめる活動を行った。その結果、国内外の学術論文誌に 6 件の研究成果が採録された。

LUMINOUS では現在、Incusphere Project のコースを開設しているが、Incusphere Project におけるソフトウェア開発技術の教育形態には、Web 教科書によるストーリーに沿った基本的な個別学習、個別の課題を学習する際の評価ツールによる学習がある。今年度は、これらに加えて、LUMINOUS を利用した協調学習を実現するための、評価のフィードバック機能、学習者との質疑応答を行う BBS 機能の開発を行った。また、モデリング学習支援として、要求分析過程の成果物である UML のモデルを自動評価し、レポートを生成するツールの開発を行い、授業に適用し、その有効性を評価した。

(2)研究組織

ソフトウェア工学を専門とする SIT 総合研究所研究員 4 名
大学院博士課程学生 1 名・修士課程学生 5 名

(3)研究施設・設備等

特になし

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

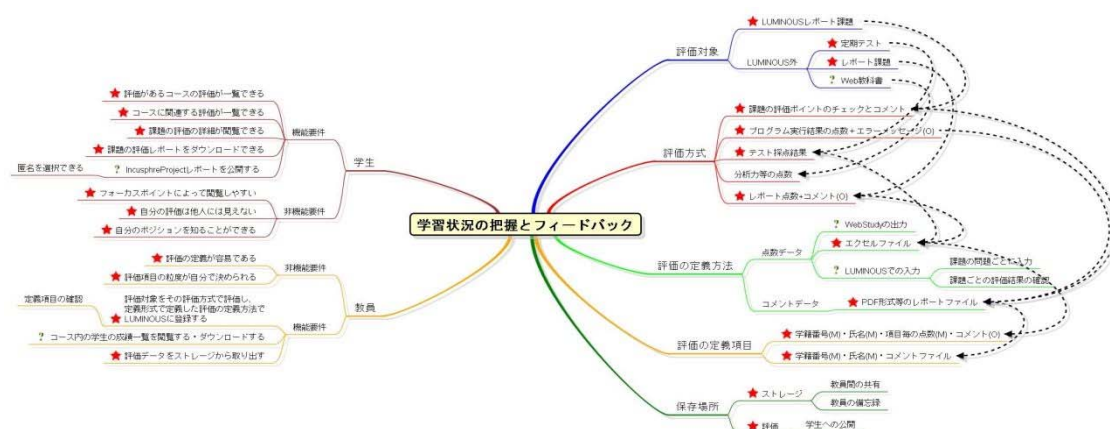
<現在までの進捗状況及び達成度>

1. 学習支援環境 LUMINOUS の機能拡張

Incusphere Project では学生の自主的なソフトウェア開発技術に関する学習を支援すること

-	-
---	---

が目的であり、そのための教科書と評価ツールを提供している。LUMINOUS では通常の授業とは異なる「注目のコース」としてこの学習の場を提供することができる。しかし、現在の学習支援ツールの機能では、教材(教科書・評価ツール・課題)の提供や課題の提出は可能であるが、学生の学習状況の把握や評価のフィードバックを行うことはできない。フィードバックするには何をどのような方法でどのように評価し、学生にどのような形式で提示するかが問題である。下図のように、学習状況の把握とフィードバックについて分析を行い、下記の通りユースケースを決定して、開発を行った。今回の開発対象は★で表している。



1) 概要

通常コースに相当する授業・演習・実験における評価結果を教員がシステムに登録し、学生が閲覧することができる。評価対象はテスト(中間・期末)・レポート・演習審査等がある。学生は、教員が公開した自己の評価点の全ての項目を閲覧できると同時に、同じテスト(レポート)における評価の平均点・最高点・最低点も閲覧できる。評価は評価対象毎に登録される。

2) ユースケース

アクタ: 主担当教員・副担当教員(権限としては同じである)

- 評価対象毎の評価をファイルで登録する: 評価対象(テスト・レポート・審査・発表会)の評価ファイル(エクセルまたは学籍番号フォルダに格納された PDF ファイルのアーカイブ)をアップロードする。評価対象には本システムで収集したレポート以外も含まれる。
- 全学生の評価一覧を閲覧する: 成績の状況を把握することを目的とする。平均点・最高点・最低点・成績分布が閲覧できる。
- 評価を公開する: 評価を閲覧し、学生への公開を設定する。当該学生のみが公開した成績のみを閲覧できる。基本はストレージに登録する。公開のものだけ学生が閲覧できる。

アクタ: 学生

- すべてのコースの評価一覧を閲覧する: 当該学生が履修しているコースのすべての公開されている評価(項目と点数があれば点数)を閲覧する。
- コースの評価一覧を閲覧する: コース単位の当該学生の公開されている評価(評価の付いている全項目)を閲覧する。
- 評価の詳細を閲覧する: コース単位の当該学生の特定期間評価対象の公開されている評価の詳細を閲覧する。
- 評価対象項目に関する全体の平均点・最高点・最低点を閲覧する

-	-
---	---

- 評価ファイルをダウンロードする。

2. モデリング学習支援

1) 概要

ユースケース記述は、ユーザとシステムのやりとりを定義することで、システムの中心となる機能要求を明らかにするための有効な手段である。しかし、記述は非形式的な自然言語記述であり、振る舞いの主体、フローの分岐点や合流点、振る舞いの対象データとその構造が必ずしも明確に定義されないという問題がある。松浦研究室では、モデリング言語として注目されている UML(Unified Modeling Language)のアクティビティ図を利用したユースケース記述方法を提案してきた。振る舞いの主体をパーティション、フローにおける条件分岐はデシジョン・マージノードとフローのガード、振る舞いの対象データはアクション記述の目的語とオブジェクトノードとして、アクティビティ図のモデル要素に対応づけ振舞い系列を可視化する。これにより、自然言語記述よりユースケース記述に定義すべき要素とその関係を理解しやすくなり、初めてユースケース記述を定義する学習者(以下、初学者)でも、モデル要素の不足や、モデル要素の使い方の誤りなどから、ユースケース記述の曖昧性や不適切な表現に気が付きやすい。本学の授業ではこの手法を利用し、機能要求を明確に定義するモデリング能力の育成を目的とした教育を行っている。

モデリング能力の育成では、初学者が作成したモデルに対し、指導者が個別にレビューを行うことで、その能力の向上が期待できる。しかし、授業には多くの学生が参加するため、個別のレビューを行うことは時間的にも難しい。そこで、ユースケース記述の記述方針に対して、初学者が起こしやすい問題点を分類し、自動評価可能な指摘項目を定義し、その修正方法を個別指導できるように、問題点を指摘するレポートを自動生成する手法とその支援ツールを提案した。

2) ユースケース記述の記述方針

ユースケース分析では、ユースケースを抽出することと、各ユースケースの機能要求を明確に定義することが目標として挙げられる。しかし、初学者は前者の妥当性を判断することが難しいため、まずはある程度限定したユースケースに対し、後者を学習することを目標とする。機能要求を明確に定義できることを訓練するために、モデルに定義した要件を読み手に正しく伝えられるという観点から、アクティビティ図の要素の使い方に制限を持たせ、ユースケース図、アクティビティ図、クラス図を用いた「ユースケース記述の方針」を下記のように設定した。

<ユースケース図>

- アクタとユースケースを定義し、ユースケースを実行できるアクタを限定する。
- 機能要件にもとづき、適切なユースケース名をつける。

<アクティビティ図>

- アクティビティ図名をユースケース名と同じとし、対応を明らかにする。
- 行為の主体(アクタ、システム)をパーティションで表す。
- 主体のパーティションに書かれたアクションで、主体の振る舞いを表す。
- 開始から終了までのパーティションを跨るアクションのフローで、振る舞いの順序を表す。基本および例外フローが存在するので、開始は1つであるが終了は各フローに対応して1つ以上になる。
- アクションの記述文で、行為の対象と動作を表す。記述文では目的語でアクションの対象となるデータを、動詞でその主体の振る舞いを表す。
- デシジョン・マージノードにより、振る舞いの代替および例外の分岐と合流を表す。代替および例外による分岐後のアクションは同じ主体の行為でなければならないので、同じ主体のパーティションに定義する。また、分岐と合流を明確にするために、別のノ

-	-
---	---

ードを用いる。

- フロー上のガードにより、代替および例外時の条件を表す。
- フォーク・ジョインノードは順序を定めないアクション系列をこれらの対によって定義する場合に用いるが、振る舞いの主体は同じであるので、同じパーティションに定義する。
- 事前条件・事後条件はそれぞれ開始・終了ノードにノートとして記述する。
- アクションの対象となるデータをオブジェクトノードで適切な位置に適切なインスタンス名と分類子となるクラスで定義する。

<クラス図>

- アクティビティ図に登場するデータをクラスとその属性により構造化する。

3) 記述方針を満たさない問題点の分類

記述方針にはモデル自身、モデルとその要素の関係、モデルの要素間の関係、異なるモデル間の関係により、その制約を満たしているかを判断できる内容と名前や記述自体の意味を吟味しないと適切さが判断できない場合がある。前者はモデル要素を解析することで自動的に判断できるが、後者は適切さの意味を与えないと判断できない。前者の問題に対し、下記のように、問題点を分類し、これらに含まれる個々の問題点をユースケース記述の「形式」の問題と呼ぶこととする。

- (1) ユースケース図・アクティビティ図・クラス図が定義されていない。または、これら以外のモデルが定義されている。
- (2) モデル内に必要なモデル要素がない。
- (3) ユースケース記述を表現するのにモデル要素の使い方に誤りがある。
- (4) 異なるモデル間のモデル要素の対応に誤りがある。

一方、後者に関しては、モデルや要素の名前の妥当性や、モデル要素の記述文における不整合の問題があり、自動的に判断するためには、十分妥当な辞書等、適切な意味を示すデータを用意する必要がある。そこで、今回は、アクション記述における動詞の使用方法和主体と振る舞いの関係に着目し、出力の振る舞いに関しては指導者が「適切である」という単語のセットを、その他は「適切でない」という単語のセットを、検査対象のモデルから自動抽出した単語から設定し、これを基準として適切さの自動判定を行う。この問題点をユースケース記述の「アクションの意味」の問題と呼び、基準となる単語のセットを単語セットと呼ぶ。

4) ユースケース記述の自動評価

「形式」の問題に対しては自動的に判断可能な具体的な指摘項目を 25 項目定義し、「アクションの意味」の指摘項目は、次の判断基準から全 8 項目を定義した。

- アクションの語句が記述されたパーティションの行為として妥当でなければならない。
- ユースケースにおけるアクタの行為はシステムに対する何らかの指示を与えるものであることから、アクタパーティションにあり、システムに対する行為として意味をもつ必要がある。
- 基本・代替・例外は、システムが何らかの条件を判断し、判断結果に応じて次の行為を定めることで、そのフローが定義できる。この際、判断結果は、判断するアクションにつづくデシジョンノードと分岐フローのガードとして記述すべきである。
- 行為が、ユースケースと同じ粒度であり、「管理する」等の具体的な意味を持たないものは、ユースケース記述の実行手順を表すことができないため、詳細化すべきである。

これらの指摘項目を自動で判断し、評価結果のレポートを自動で生成するツールを開発した。授業に適用して、評価実験を行った結果、これまで、口頭でのみレビューを行っていた場合に比べて、改善効果が見られると共に、TA を活用したレビュー内容に均一化が図れた。評

-	-
---	---

価の詳細は 13 に示した論文[3]に記載されている。また、自動評価ツールで作成したレポートは LUMINOUS のフィードバック機能を用いて、個別に学生に配布した。

<特に優れた研究成果>

13「研究発表の状況」に記載した通り、これまでの研究成果が国内外の学術論文誌に採録された。WebStudy については、[5]「WebStudy:ソフトウェア開発技能育成を目的としたプログラムの実行・評価機構を持つ Web 教科書の開発」というタイトルで電子情報通信学会論文誌 D に採録された。ソフトウェアの検証については、モデル検査に関する成果が[1]であり、モデルの評価およびレビューに関する成果が[3][7][8]、要求仕様を W モデルの観点から検証する方法の成果が[2]である。

<問題点とその克服方法>

ユースケース記述の自動評価のように、ソフトウェアの検証技術をソフトウェア開発工程で作成される様々な成果物に対して適用することで、それらの成果物が機能性、信頼性、保守性等の要求された性質を満たしているかを確認することができる。学習において利用する場合には、自動化すること、評価結果が妥当であり、理解しやすいことが必要である。今後は、研究成果を基に、本プロジェクトの教材ならびに評価ツールとして提供する方法を検討する。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見直しを含む。)>
特になし。

<今後の研究方針>

Incusphere Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/> における技術の紹介や、以下のような学習環境を通じたソフトウェア開発技術教育教材の公開や開発を行い、ソフトウェア開発技能育成に貢献したいと考えている。

- 学習管理システム LUMINOUS (<https://lmns.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/>)による要求分析モデルの評価ツールの配付
- Web 教科書 WebStudy (<http://ws.sayo.se.shibaura-it.ac.jp:8082/webstudy-test/>)による、ソフトウェアの検証技術に関する学習教材の開発と公開

<今後期待される研究成果>

本研究のソフトウェアの検証技術を大学におけるソフトウェア開発技術教育へ適用することで、ソフトウェア品質に関する教育への効果が期待される。今後は協調学習の環境を発展させ、学習環境、教材、評価ツールを活用したアクティブラーニングの学習の設計・開発・運用を行いたい。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

WebStudy については、13 に記載した通り、[5]「WebStudy:ソフトウェア開発技能育成を目的としたプログラムの実行・評価機構を持つ Web 教科書の開発」というタイトルで電子情報通信学会和文論文誌 D に採録された。「ソフトウェア開発人材育成の問題点を扱い、プログラミング教育に資する Web システムを開発されておられる点が評価できます。」というコメントにあるように、本プロジェクトの目的とその実現方式の有用性が認められた。

LUMINOUS は現在学内において、登録教員人数 37 名で運用している。Incusphere Project コースへの登録者は 341 名である。WebStudy では、現在公開中のストーリーは Java 初級コースで 13、中級コースで 7 である。学習している学生数は初級 222 名、中級 99 名であり、学習者の延べ人数は 683 名である。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください)

-	-
---	---

い。)

- | | | |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| (1) <u>ソフトウェア工学</u> | (2) <u>モデル検査技術</u> | (3) <u>UML</u> |
| (4) <u>検証</u> | (5) <u>ソフトウェア品質</u> | (6) <u>e-Learning</u> |
| (7) <u>セキュリティ要件</u> | (8) <u>Learning Management System</u> | |

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- [1] Yoshitaka Aoki, Saeko Matsuura, Verifying Business Rules Using Model-Checking Techniques for Non-specialist in Model-Checking, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, to appear. (査読有)*
- [2] 式見, 松浦, 要求定義の実現可能性保証のためのシミュレーションによるテスト設計手法, 電子情報通信学会和文論文誌 D, Vol.J97-D,No.3,2014 年 3 月号掲載予定.(査読有)*
- [3] 松井, 奥田, 野呂, 岡田, 加藤, 渡辺, 松浦, モデリング能力育成を目的としたユースケース記述の自動評価手法, 電子情報通信学会和文論文誌 D , Vol.J97-D,No.3, 2014 年 3 月号掲載予定.(査読有)*
- [4] 青木, 小形, 野呂, 松浦, モデル検査技術を用いたセキュリティ要求の検証, ソフトウェア工学の基礎 XX, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2013, pp.75-80. (査読有)*
- [5] 式見, 若林, 松浦, WebStudy:ソフトウェア開発技能育成を目的としたプログラムの実行・評価機構を持つ Web 教科書の開発, 電子情報通信学会和文論文誌 D, Vol. J96-D, No.10, pp.1-12. (査読有)*
- [6] 野呂, 松浦, コモンクライテリアを用いたモデル駆動セキュリティ要求分析手法, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム(SES2013) (査読有)*
- [7] Hirotaka Okuda, Shinpei Ogata, Saeko Matsuura, Experimental development based on mapping rule between requirements analysis model and web framework specific design model, *SpringerPlus* 2013, 2:123 doi:10.1186/2193-1801-2-123 <http://www.springerplus.com/content/2/1/123> (査読有)*
- [8] Shinpei Ogata, Saeko Matsuura, A review method for UML requirements analysis model employing system-side prototyping *SpringerPlus* 2013, 2:134 doi:10.1186/2193-1801-2-134 <http://www.springerplus.com/content/2/1/134> (査読有)*
- [9] Y. Aoki, S. Ogata, H. Okuda and S. Matsuura, Data Lifecycle Verification Method for Requirements Specifications Using a Model Checking Technique, Proc. of The Eighth International Conference on Software Engineering Advances(ICSEA2013), pp.194-200. (査読有)*
- [10] A. Noro and S. Matsuura, “UML based Security Function Policy Verification Method for Requirements Specification”, Proc of 2013 IEEE 37th International Conference on Computer Software and Applications, 2013, pp.832-833. (査読有)*

<図書>

-	-
---	---

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- [1] 松井俊介, 松浦佐江子, ユースケース記述自動評価のための単語セットの効率的作成支援ツールの評価, 第76回情報処理学会全国大会, 2014年3月発表予定
- [2] 野呂惇, 加藤洋祐, 松浦佐江子, アスペクト指向言語を用いたUML機能要件とCCに基づくセキュリティ要件の統合管理手法, 第76回情報処理学会全国大会, 2014年3月発表予定
- [3] 渡辺大貴, 松浦佐江子, 初学者のオブジェクト指向プログラムの問題点の分析, 第76回情報処理学会全国大会, 2014年3月発表予定
- [4] 青木, 松浦, モデル検査技術の開発現場への適用 ～仕様とソースコードの齟齬の発見～, 信学技報, vol. 113, no. 160, KBSE2013-28, pp. 91-96.
- [5] 青木, 小形, 松浦, UML要求分析モデルへのモデル検査技術適用による実現可能性の検証, 信学技報, vol. 113, no. 160, KBSE2013-29, pp. 97-102.
- [6] 松井, 野呂, 岡田, 加藤, 渡部, 松浦, 初学者を対象としたユースケース記述の自動評価による学習支援, 信学技報, vol.113, no. 160, KBSE2013-26, pp. 79-84.

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
ホームページで公開している場合には、URLを記載してください。

<既に実施しているもの>

Incusphre Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/>

<これから実施する予定のもの>

随時、WebStudyでの教材の公開を行う。現在、研究中である、マルウェア対策に関してセキュリティリテラシーを教育する教材を作成する予定である。また、ソフトウェア開発事例の教科書(紙ベース)の作成を計画中である。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

-	-
---	---

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センターは、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指すことを目的として2010年7月に設立された。本学の他のセンターとは異なり、以下の事業内容を実施している。

1) 人材育成事業

- ①脳科学及び生活支援技術関連外国人研究員の短期及び長期の招聘
- ②脳科学及び生活支援技術関連研究者の海外渡航支援
- ③脳科学及び生活支援技術関連ハイブリッドツイニングプログラム支援

2) 顕彰事業

脳科学及び生活支援技術関連研究で顕著な成果を挙げた本学学生、大学院生に対して「脳科学・ライフテクノロジー奨励賞」の授与

3) 脳科学及び生活支援技術関連研究への研究費支援

4) シンポジウム等開催

5) 外部からの事業寄附等の受入れ

これらの事業実施に当たっては、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を原資とし、以下のように使用する。

- ①単年度予算500万円×10年とする。
- ②年度ごとに予算計画を立てて実施し、残預金が発生した場合は次年度へ繰り越す。
- ③残余原資がある限り本センターを継続する。

-	-
---	---

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

1) 人材育成事業

①外国人研究員の招聘

2014年2月にマレーシア・マラ工科大Low上級講師を招聘する。Low氏は、マレーシアでの生活支援工学研究の若手の代表であり、今後の本学との交流が期待される。2週間滞在し、一般向けシンポジウムでの講演、共同研究打合せ、国立障害者リハビリテーションセンター訪問等を行う。

②海外渡航支援

毎年1～2名の脳科学またはライフテクノロジー関連業務で海外渡航支援を行っている。

今年度は、2014年2月に伊藤和寿教授をイタリアに派遣する。協定校であるラクイラ大との福祉機器開発に関する学生交流及び9月実施予定の学生ワークショップの打合せを行う。

③長期留学生支援

長期の招聘として、マレーシア工科大学大学院生を、本学ハイブリッドツイニングプログラムで2011年9月より受け入れている。現在博士課程3年生に在籍しており、山本紳一郎教授の指導で歩行訓練支援装置の研究に従事している。研究成果を国際会議で意欲的に発表している。

④学生交流支援

2013年9月に実施した地域イノベーション推進福祉機器開発国際ワークショップを協賛し、将来福祉機器開発のスペシャリストとなる大学院生のグローバル化をサポートした。

2) 顕彰事業

2010年以降度脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター奨励賞として、大学院生1名を毎年顕彰している。2013年度も学生1名を顕彰予定である。

3) 研究費支援

2010年度以降毎年、脳科学・ライフテクノロジー関連の研究を行っている学内教員に1件あたり50万円の研究費支援を行っている。

2013年は以下2件を実施した。

①伊藤和寿教授（システム理工学部機械制御システム学科）

「マッキベン型水圧人工筋を用いた水中歩行訓練補助装具の開発」

②福井浩二准教授（システム理工学部生命科学科）

「 β アミロイドタンパク質が軸索機能に及ぼす影響について」

研究成果は、毎年発行されるSIT総研研究報告に執筆すると共に国内外の学会においても論文発表を行っている。

4) シンポジウム等開催

2010年以来、毎年1回シンポジウムを開催している。

2013年度は、2014年2月15日（土）に芝浦工業大学豊洲校舎にて「脳科学と生命・生活支援技術との融合」のタイトルでシンポジウムを実施予定である。

-	-
---	---

平成 25 年度 脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター

4 プロジェクト所在地 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 脳科学・ライフテクノロジー寄付研究センター

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
米 田 隆 志	システム理工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 7 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
米田隆志	システム理工学部・教授	早期リハビリ装置の開発	機器開発と研究の統括
山本紳一郎	システム理工学部・教授	神経生理に関する研究	生体生理情報の計測と評価
堀江亮太	工学部・准教授	ブレイン・マシンインターフェースの研究	脳科学解析
伊藤和寿	システム理工学部・教授	水圧制御福祉機器開発	制御技術の応用展開
花房昭彦	システム理工学部・教授	脳波によるシステム制御	脳波解析手法開発
福井浩二	システム理工学部・准教授	軸索障害に関する研究	動物による神経研究
渡邊宣夫	システム理工学部・准教授	血流メカニズム解析	血流のマイクロ計測

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

該当なし

-	-
---	---

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センターは、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指すことを目的として2010年7月に設立された。本学の他のセンターとは異なり、以下の事業内容を実施している。

1) 人材育成事業

- ①脳科学及び生活支援技術関連外国人研究員の短期及び長期の招聘
- ②脳科学及び生活支援技術関連研究者の海外渡航支援
- ③脳科学及び生活支援技術関連ハイブリッドツイニングプログラム支援

2) 顕彰事業

脳科学及び生活支援技術関連研究で顕著な成果を挙げた本学学生、大学院生に対して「脳科学・ライフテクノロジー奨励賞」の授与

3) 脳科学及び生活支援技術関連研究への研究費支援

4) シンポジウム等開催

5) 外部からの事業寄附等の受入れ

これらの事業実施に当たっては、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を原資とし、以下のように使用する。

- ①単年度予算500万円×10年とする。
- ②年度ごとに予算計画を立てて実施し、残預金が発生した場合は次年度へ繰り越す。
- ③残余原資がある限り本センターを継続する。

(2)研究組織

本学システム理工学部生命科学科に所属する教員を中心に、学内で関連する研究に従事しているシステム理工学部機械制御システム学科、工学部通信工学科の教員が参加して組織する。学外からは、本研究プロジェクトに密接に関係する脳科学の専門家に協力してもらい、エンジニアだけの狭い視野での研究とならないようにしている。

(3)研究施設・設備等

研究施設は特に持たず、事務局を先端工学研究機構棟内に設置している。研究自体は各教員実験室で実施する。設備についても特に有していない。

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び＊を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

1) 人材育成事業

①外国人研究員の招聘

2014年2月にマレーシア・マラ工科大Low上級講師を招聘する。Low氏は、マレーシアでの生活支援工学研究の若手の代表であり、今後の本学との交流が期待される。2週間滞在し、一般向けシンポジウムでの講演、共同研究打合せ、国立障害者リ

-	-
---	---

ハビリテーションセンター訪問等を行う。

②海外渡航支援

毎年1～2名の脳科学またはライフテクノロジー関連業務で海外渡航支援を行っている。

今年度は、2014年2月に伊藤和寿教授をイタリアに派遣する。協定校であるラクイラ大との福祉機器開発に関する学生交流及び9月実施予定の学生ワークショップの打合せを行う。

③長期留学生支援

長期の招聘として、マレーシア工科大学大学院生を、本学ハイブリッドツイニングプログラムで2011年9月より受け入れている。現在博士課程3年生に在籍しており、山本紳一郎教授の指導で歩行訓練支援装置の研究に従事している。研究成果を国際会議で意欲的に発表している。

④学生交流支援

2013年9月に実施した地域イノベーション推進福祉機器開発国際ワークショップを協賛し、将来福祉機器開発のスペシャリストとなる大学院生のグローバル化をサポートした。

2) 顕彰事業

2010年以降度脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター奨励賞として、大学院生1名を毎年顕彰している。2013年度も学生1名を顕彰予定である。

3) 研究費支援

2010年度以降毎年、脳科学・ライフテクノロジー関連の研究を行っている学内教員に1件あたり50万円の研究費支援を行っている。

2013年は以下2件を実施した。

①伊藤和寿教授（システム理工学部機械制御システム学科）

「マッキベン型水圧人工筋を用いた水中歩行訓練補助装具の開発」

②福井浩二准教授（システム理工学部生命科学科）

「βアミロイドタンパク質が軸索機能に及ぼす影響について」

研究成果は、毎年発行されるSIT総研研究報告に執筆すると共に国内外の学会においても論文発表を行っている。

4) シンポジウム等開催

2010年以来、毎年1回シンポジウムを開催している。

2013年度は、2014年2月15日（土）に芝浦工業大学豊洲校舎にて「脳科学と生命・生活支援技術との融合」のタイトルでシンポジウムを実施予定である。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

本センターの運営に当たっては、運営委員会を構成し、事業内容及び予算を決定している。本運営委員会には寄附元である財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所関係の外部委員4名、学内のセンター員4名と事務職員1名の9名で行っており、運営委員会自体が外部評価委員会としてのチェック機能が働いている。

-	-
---	---

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 脳科学 (2) 福祉機器 (3) ライフテクノロジー
 (4) リハビリテーション工学 (5) バリアフリー (6) 神経生理
 (7) _____ (8) _____

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

<雑誌論文>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表タイトル、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等
 ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

シンポジウムについては毎年最低1回は実施し、広く成果を公表する。

学会については、関連分野の学会に積極的に参加するとともに、論文投稿をできるだけ増やして成果を公表する。

<これから実施する予定のもの>

-	-
---	---

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには＊を付してください。
 ※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

-	-
---	---

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	芝浦工業大学	大学名	芝浦工業大学
研究プロジェクト名	グリーンイノベーションの基盤技術研究と人材育成		
研究観点	研究推進と人材育成		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

(目的・意義)

グリーンイノベーションは、今後の産業の発展方向として期待されている。例えば電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)、太陽電池の普及を支える効率的なパワーエレクトロニクス用デバイス、材料の研究の重要性が増している。またビッグデータ、スマートグリッドなど効率的に大量のデータを低消費電力で処理するデバイスが必要とされている。これらの技術は地球資源の有限性が顕在化し、地球温暖化による問題が顕在化しつつある今日において、持続可能な地球、人類社会を実現する鍵である。

本センターでは、本学の有する材料、デバイス、システムの人材を活用して、TIA 等で展開されるグリーンイノベーション(GI)研究プロジェクトに対応できる研究基盤を整備し、SiC、GaN パワーデバイス、低抵抗ナノカーボン配線、高効率電力変換システム、低消費電力集積回路、太陽電池等の研究に参画し、実践的な人材を育成することを目的とする。

これにより、研究成果やイノベーション実現に必要な人材育成を通じて、新たなグリーンイノベーション産業の育成に貢献するとともに、今こそ行動が求められる低炭素社会の実現につながるものである。

(計画の概要)

本センターでは幅広いGI分野の中で当面、本学の強みを生かしてTIA等との連携が見込めるパワーエレクトロニクス、低消費電力素子を中心に研究を進め、研究基盤の整備強化を図りながら、エネルギーハーベスト、環境エネルギーの利用、太陽電池、超電導材料、ナノデバイス・プロセス等を取り込んで、研究テーマの深化と展開を図る計画である。またグローバル化が進む中で、研究者の海外派遣、海外からの招聘など、国内外の研究機関との連携を図り、研究の国際化を推進する。

パワーエレクトロニクスでは、パワーエレクトロニクス研究センターと協力して、SiC や GaN 等を用いた高周波インバータやそれを利用する機器等の開発を実施する。低消費電力素子では、国プロ(LEAP)の一環として、低消費電力回路や低抵抗ナノカーボン材料の研究を実施し、それらの基盤技術を発展させ、グリーンイノベーションの他分野への展開を図る。

さらにGI研究の深化と展開のために、センター員の持つ超電導材料、太陽電池材料、ナノデバイス・プロセス、微細加工、機械制御等の基盤技術や、GIにつながる新たなアイデアの研究を推進し、情報発信を推進する。また実践的な人材を育成するため、大学院生を中心に研究プロジェクトに参画させ、研究発表を促進するとともに、奨学制度により博士課程の高度人材の育成を図る。

-	-
---	---

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

(2013 年度計画)

2013 年度は、現在実施中の「低炭素社会を実現する超低電圧デバイスプロジェクト (LEAP)」を着実に実行し、パワーエレクトロニクス関連のプロジェクト参画に向けた体制を整備する計画である。具体例として、低消費電力デバイスに向けた超低抵抗ナノカーボン配線技術を実現し、それをベースにパワーインバータ向けの実装配線への応用検討を行う計画である。

また、学内外に向けた GI 研究の活性化と広報のため、グリーンイノベーションに関するシンポジウムを開催し、研究推進のための学内外での連携を図る。

また、TIA や海外研究機関との連携（派遣、招聘）に向けた調査や事前調整を行う。研究の加速と高度人材の育成を図るため博士課程奨学生の募集を行う。

(進捗および成果の概要)

計画に沿って、LEAP プロジェクトを含め、低抵抗ナノカーボン配線、低消費電力回路の研究を実施し、学会発表や論文発表（助成なし）を行った。またパワーエレクトロニクス研究センターと共同で、パワーインバータ向けの実装配線について調査し、環境整備、研究準備を行った。また環境エネルギー関係で国内学会での発表予定である。

グリーンイノベーションに関するシンポジウムに関して、第 1 回グリーンイノベーションシンポジウムをパワーエレクトロニクス研究センターと共同で 2 月 26 日に開催する。テーマは、パワーエレクトロニクスであり、企画に当たっては学外のパワエレ研究者と連携して、SiC アライアンス会長の松波 弘之 京大名誉教授、日産の飯山 明裕氏を基調講演者に招き、国内主要メーカーの講師が講演を行う。

また、グリーンイノベーション研究会として、東芝、産業技術総合研究所より講師を招き、ポストスケリングの半導体技術、パワーエレクトロニクス実装の研究動向について調査、議論を行った。また GaN デバイスや高温エレクトロニクスについて、研究会を予定している。

TIA や海外研究機関との連携に関して、産業技術総合研究所の Nano Processing Facility (NPF) を利用した研究に向け、試行的利用申請を行い採択され、ナノカーボン配線の試作評価を実施している。また、学会で来日した UCSB の Banerjee 教授を招聘し、特別講義を実施した。今後、国内外との研究連携について強化していきたいと考えている。博士課程の学生について、HP による公募、海外のリクルートを行い留学希望が 1 件来ており、適任者がいれば来年度後期から開始したいと考えている。

-	-
---	---

平成 25 年度 グリーンイノベーション研究センター 研究進捗状況報告書

1 学校法人名 芝浦工業大学 2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所グリーンイノベーション研究センター

4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 / 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 研究プロジェクト名 グリーンイノベーションの基盤技術研究と人材育成

6 研究観点 _____

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
上野 和良	電子工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 10 名

9 該当審査区分 理工・情報 生物・医歯 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	役割
上野 和良	電子工学科・教授	低消費電力、高効率電力応用に適したナノカーボン等の電気伝導材料の研究	研究実施、総括
村上 雅人	材料工学科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発	研究実施
弓野 健太郎	材料工学科・教授	Si、Ge 薄膜の低温結晶化に関する研究	研究実施
西川 宏之	電気工学科・教授	太陽電池、パワエレ、MEMS 実装用材料の微細加工と応用	研究実施
赤津 観	電気工学科・准教授	低消費電力電気機械エネルギー変換の研究	研究実施
小池 義和	電子工学科・教授	洋上発電データの収集システムの構築	研究実施
石川 博康	電子工学科・准教授	酸化物薄膜の結晶成長と太陽電池応用、オールカーボン太陽電池の研究	研究実施
山口 正樹	電子工学科・准教授	微細加工技術を用いた圧電特性向上に関する研究	研究実施
田中 慎一	通信工学科・教授	RF エネルギーハーベスティング用レクテナ回路の研究	研究実施
宇佐美 公良	情報工学科・教授	高度情報化社会に向けた低消費電力回路の研究	研究実施

-	-
---	---

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)> 該当なし

11 研究進捗状況

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

(目的・意義)

グリーンイノベーションは、今後の産業の発展方向として期待されている(図1)。例えば電気自動車(EV)やハイブリッド車(HV)、太陽電池の普及を支える効率的なパワーエレクトロニクス用デバイス、材料の研究の重要性が増している。またビッグデータ、スマートグリッドなど効率的に大量のデータを低消費電力で処理するデバイスが必要とされている。これらの技術は地球資源の有限性が顕在化し、地球温暖化による問題が顕在化しつつある今日において、持続可能な地球、人類社会を実現する鍵である。

本センターでは、本学の有する材料、デバイス、システムの人材を活用して、TIA等で展開されるグリーンイノベーション(GI)研究プロジェクトに対応できる研究基盤を整備し、SiC、GaN パワーデバイス、低抵抗ナノカーボン配線、高効率電力変換システム、低消費電力集積回路、太陽電池等の研究に参画し、実践的な人材を育成することを目的とする。

これにより、研究成果やイノベーション実現に必要な人材育成を通じて、新たなグリーンイノベーション産業の育成に貢献するとともに、今こそ行動が求められる低炭素社会の実現につながるものである。

(計画の概要)

本センターでは幅広いGI分野の中で当面、本学の強みを生かしてTIA等との連携が見込めるパワーエレクトロニクス素子、低消費電力素子を中心に研究を進め、研究基盤の整備強化を図りながら、エネルギーハーベスト、環境エネルギーの利用、太陽電池、超電導材料、ナノデバイス・プロセス等を取り込んで、研究テーマの深化と展開を図る計画である。またグローバル化が進む中で、研究者の海外派遣、海外からの招聘など、国内外の研究機関との連携を図り、研究の国際化を推進する。

パワーエレクトロニクスでは、パワーエレクトロニクス研究センターと協力して、SiC や GaN 等を用いた高周波インバータやそれを利用する機器等の開発を実施する。低消費電力素子では、国プロ(LEAP)の一環として、低消費電力回路や低抵抗ナノカーボン材料の研究を実施し、それらの基盤技術を発展させ、グリーンイノベーションの他分野への展開を図る。

さらにGI研究の深化と展開のために、センター員の持つ超電導材料、太陽電池材料、ナノデバイス・プロセス、微細加工、機械制御等の基盤技術や、GIにつながる新たなアイデアの研究を推進し、情報発信を推進する。また実践的な人材を育成するため、大学院生を中心に研究プロジェクトに参画させ、研究発表を促進するとともに、奨学制度により博士課程の高度人材の育成を図る。

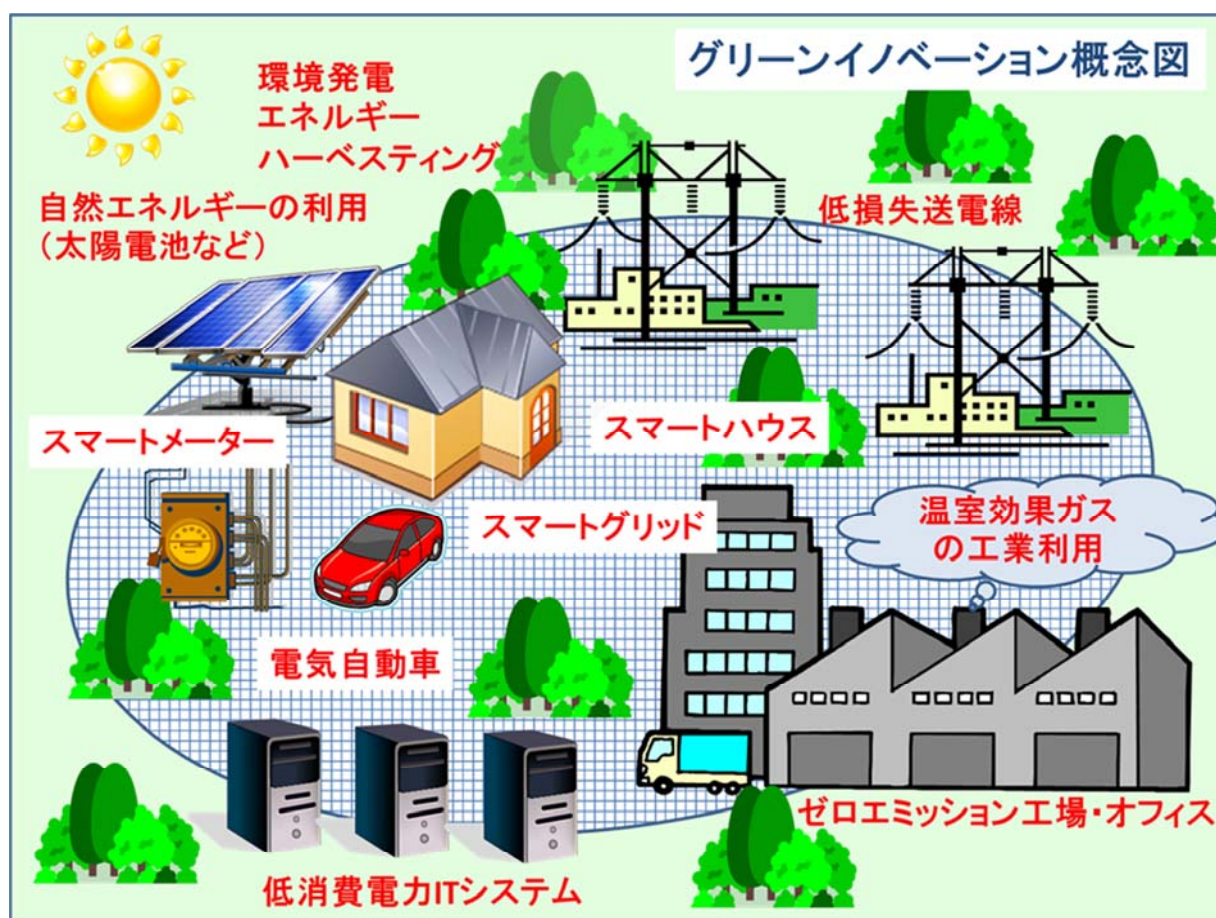


図1. 低炭素社会に向けたグリーンイノベーションの概念図.

(2) 研究組織

本研究センターでは、図1に概念図を示した低炭素社会に向けたグリーンイノベーションに関わる広範囲の研究を推進するに当たり、下記の本学教員が当初、独立して基盤となる研究を実施し、研究センター長がグリーンイノベーションに結びつく研究を、シンポジウム、研究会の実施、大学院生の学会発表支援等を通じて促進し、プロジェクト終了時点において全体を俯瞰した時、個々の基盤技術がグリーンイノベーションや低炭素化に貢献する技術、人材育成となっていることを目指す。

その研究組織として、当初は表1に示す研究員がそれぞれ分担する基盤研究を実施し、研究センター長がセンター会議等を通じて研究を総括する体制とする。またセンター長の下に事務局を置き、シンポジウム、研究会、定例センター会議での議論を通じて、研究テーマ毎の組織化を図っていきたいと考えている。本年度は、パワーエレクトロニクス研究センター(赤津センター長)と連携し、パワーエレクトロニクス分野で、石川、田中、上野が新たな研究を開始している。中長期的には、例えばカーボンコア技術として、低炭素社会につながる新規テーマの組織化も図っていきたい。

-	-
---	---

表1. 研究組織(研究員と研究分担)

上野 和良	電子工学科・教授	低消費電力、高効率電力応用に適した電気伝導材料の研究、(研究総括)
村上 雅人	材料工学科・教授	高効率電力応用に適した超伝導材料の開発
弓野 健太郎	材料工学科・教授	Si、Ge 薄膜の低温結晶化に関する研究
西川 宏之	電気工学科・教授	太陽電池、パワエレ、MEMS 実装用材料の微細加工と応用
赤津 観	電気工学科・准教授	低消費電力電気機械エネルギー変換の研究
小池 義和	電子工学科・教授	洋上発電データの収集システムの構築
石川 博康	電子工学科・准教授	酸化物薄膜の結晶成長と太陽電池応用、オールカーボン太陽電池の研究
山口 正樹	電子工学科・准教授	微細加工技術を用いた圧電特性向上に関する研究
田中 慎一	通信工学科・教授	RF エネルギーハーベスティング用レクテナ回路の研究
宇佐美 公良	情報工学科・教授	高度情報化社会に向けた低消費電力回路の研究

(3) 研究施設・設備等

各研究室で管理する本学の施設・設備を当面使用するが、必要に応じて、外部資金の調達等を含め必要な研究施設、設備を整備していく予定である。また、筑波にある共同利用施設(例えば産業技術総合研究所の Nano Fabrication Facility (NPF))を活用する。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

＜現在までの進捗状況及び達成度＞

本研究センターは、グリーンイノベーションに関する基盤技術の研究推進と人材育成を目標とする。グリーンイノベーション研究の推進として、第1回グリーンイノベーションシンポジウムを開催する(図2)。本シンポジウムは後述するように、SiC、GaN など新しいパワーエレクトロニクス現状と実用化の課題について、基調講演に SiC の研究で著名な京都大学名誉教授の松波弘之氏と、日産自動車の飯山明裕氏を迎え、各先端企業からの技術講演を行い、産業界と協力してイノベーションに向けた取り組みを議論するものとなる。

また、研究活動に向けた準備として、2 回の研究会を開催した。第1回目は、ポストスケーリングの半導体技術に関するもので、株式会社東芝半導体研究開発センター・技監/副センター長の柴田英毅氏を講師に招き、半導体集積回路で培われた技術をいかに次のグリーンイノベーション等の新しい製品に展開するか、議論した(図3)。第2回目は、パワーエレクトロニクスに関する研究準備として、パワーインバータの実装技術について、産業技術総合研究

-	-
---	---

所ナノエレクトロニクス研究部門・副部門長の青柳昌宏氏を講師に招き、技術課題について議論した(図4)。

研究に関して、本年度が初年度であり、各自の分担する基盤技術の研究を実施しながら、グリーンイノベーションに向けた準備活動を行った。具体的には、経済産業省、NEDOの支援による低炭素社会を実現する低電圧デバイスプロジェクト(LEAP)の一環として、上野が超低抵抗ナノカーボン配線技術の研究、宇佐美が低消費電力回路技術の研究を実施した。また、パワーエレクトロニクスに関して、赤津(パワーエレクトロニクス研究センター長)、石川、田中、上野が、高周波高出力パワーインバータ開発の技術調査、研究準備を行った。他の研究員については、各分担テーマについて研究を実施した。

<問題点とその克服方法>

研究推進面では、海外との連携に向けた取り組み強化が課題である。これについては国際会議での発表や、特別講義、海外研究者との交流等を通じて連携強化の機会を作りたい。人材育成に関しては、博士課程など高度人材候補のリクルートが課題であり、HPによる学生募集、本学が行っているハイブリッドツィニングプログラム(HBT)等を通じて、国内外からの候補者獲得を図るとともに、研究センターとしての魅力を高めるため、国際会議や論文発表を推進する。研究面では、各研究員の持つ基盤技術をグリーンイノベーションの成果に結びつけていくこと、前述の博士課程など高度人材を引き付ける研究環境の整備が課題で、定期的な研究センター会議や研究会を通じて、方向性を揃え、切磋琢磨により研究力の向上を図っていく必要がある。

<今後の方針>

研究推進に関して、継続的に研究会、シンポジウムを開催する。また海外との連携や人材育成に関して、海外発表の推進や研究基盤の強化を通じ、研究力向上、博士等の高度人材の育成を図る。研究に関して、当面は低消費電力デバイスに関する研究、高効率パワーエレクトロニクスに関する研究を中心に、研究基盤の整備と推進を行い、定期的な研究センター会議等を通じて、中長期的に、各研究員の持つ基盤技術から新テーマを掘り起し、グリーンイノベーションへの方向づけと、学会発表助成等を通じた研究推進を行う。

<今後期待される成果>

- ・定期的なグリーンイノベーションシンポジウムや研究会によるイノベーションの推進
- ・グリーンイノベーションにつながる国内外研究発表、論文発表とそれらを通じた人材育成
- ・博士課程の高度技術人材育成
- ・グリーンイノベーションにつながる研究成果

-	-
---	---

第1回グリーンイノベーションシンポジウム

芝浦工業大学
SHIBaura INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Established 1957

低炭素社会に向けたパワーエレクトロニクス - 実用化デスバレーへの挑戦 -

開催日：2月26日(水) 13:00～
会場：芝浦工大豊洲キャンパス 交流棟 6階大講義室
会費：無料

お申込み方法:事務局ホームページ専用フォーム
またはemailにてお名前・ご所属・ご連絡先を
お知らせ下さい。

催切:平成26年2月14日(金)
定員:200名(定員になり次第締切)
芝浦工業大学グリーンイノベーション研究センター事務局
URL: <http://www.nel.ele.shibaura-it.ac.jp/?p=66>
email: IO36291@shibaura-it.ac.jp

プログラム(敬称略)

13:00 Welcome talk : 芝浦工業大学学長 村上 雅人

13:10 ご挨拶 元新機能素子研究開発協会 専務理事 吹澤 正恵

13:20 【基調講演】パワー半導体SiC実用化とAVI型研究の重要性 京都大学名誉教授 松波 弘之

13:50 【基調講演】燃料電池自動車から見たE-PowerTrainへの期待 日産自動車 飯山 明裕

14:20 【講演】SiCパワーデバイス量産化と残された課題 サンケン電気 吉江 徹

14:50 <Coffee break>

15:05 【講演】GaNの現状、SiCとの棲み分け 豊田中央研究所 加地 徹

15:35 【講演】～冷熱ストレスの壁を乗り越えろ～ 日産自動車 谷本 智

高圧高信頼パワーモジュール

16:05 【講演】高パワー密度SiCインバータの開発 富士電機 松井 康平

～70kW/L All-SiCインバータ～

16:35 <Coffee break>

16:50 【講演】Drive-by-Microwave技術を用いた小型絶縁ゲートドライバ パナソニック 永井 秀一

～フォトカッパ、トランスの制約からの解放～

17:20 【講演】高性能エレクトロニクスモータ 芝浦工業大学 赤津 慎

～電機一体技術がもたらすイノベーション～

17:50 【講演】EV/PHEV用モータ・インバータの現状と課題(仮) 明電舎 足利 正

18:30 Closing remark : 芝浦工業大学 上野 和良

図2. 第1回グリーンイノベーションシンポジウム

グリーンイノベーション研究センター研究会

低炭素社会のための 半導体の微細化によらない高付加価値技術

日時：2013年12月23日(月) 16:20-18:20
場所：305教室

講師：柴田 英毅氏((株)東芝 半導体研究開発センター 技監/副センター長)

微細化により発展してきた半導体産業は、微細化に伴う物理的、技術的、経済的な限界から転換期を迎えています。また、低炭素社会を目指したグリーンイノベーションが世界的な潮流となっています。本研究会では、ポストスケールリングの半導体産業の動向として(1)TSV/3次元チップ積層化(2)新照明(LED)(3)MEMSデバイスなどの研究開発についてご講演いただき、グリーンイノベーションに向けた半導体の研究について考えます。・・・企業における新しい半導体研究に興味のある皆さんのご参加をお待ちしています。

お問合せ：電子工学科 上野 和良

第1回
グリーンイノベーション
研究会

グリーンイノベーション研究センター研究会

次世代パワーエレクトロニクス実装技術の 研究開発における開発ターゲットの方向性

日時：2014年1月8日(水) 13:00-14:30
場所：407教室

講師：青柳 昌宏氏(産業技術総合研究所 ナノレベルエレクトロニクス 研究部門 副研究部門長)

パワーエレクトロニクス技術が電子・電気機器の省エネルギー化における切り札としての認識が十分に社会に浸透した状況となり、シリコンデバイスに代わるワイドギャップ半導体デバイスも市場に登場して、同分野の研究開発が活発化している。産総研では、ワイドギャップ半導体デバイスの実用化を目指して、先駆的にパワーエレクトロニクス実装技術の研究開発を進めてきており、少ないマンパワー・研究資金の中で紆余曲折しながら、重要度の高い研究開発ターゲットの設定を進め、着実に成果を積み上げてきている。本講演では、開発ターゲットの方向性をどのように見極めてきたのか分かるように、研究開発の流れをご紹介します。

お問合せ：電子工学科 上野 和良

第2回
グリーンイノベーション
研究会

-	-
---	---

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 低炭素社会 (2) 温室効果ガス削減 (3) 低消費電力
 (4) 高電力効率 (5) パワーエレクトロニクス (6) エネルギーハーベスティング
 (7) 太陽電池 (8) カーボン

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

<雑誌論文>

グリーンイノベーション研究センター予算で実施したものとして該当なし

<学会発表>

グリーンイノベーション研究センター予算の助成により実施予定

- 1) 岡俊明, 尾形拓也, 勝吉慎, 齊藤賢吾, 田中慎一:「右手/左手系複合線路を用いる広帯域マルチバンド動作レクテナ」, 電子情報通信学会総合大会(2014年3月18日, 新潟大学)
 2) 齊藤賢吾, 田中慎一:「通過フィルタ型CRLH線路スタブ共振器の帯域外特性の改善」電子情報通信学会総合大会(2014年3月18日, 新潟大学)

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

グリーンイノベーション研究センターHP:

<http://www.nel.ele.shibaura-it.ac.jp/green-innovation/>

<既に実施しているもの>

- ① 第1回グリーンイノベーション研究センター研究会(2013年12月23日)
 ② 第2回グリーンイノベーション研究センター研究会(2014年1月8日)

<これから実施する予定のもの>

第1回グリーンイノベーションシンポジウム: 2月26日
 (パワーエレクトロニクス研究センターと共催)

14 その他の研究成果等

低炭素社会を実現する低電圧デバイスプロジェクト(LEAP):

- ・低消費電力回路の研究(宇佐美公良)
- ・超低抵抗ナノカーボン配線の研究(上野和良)

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

該当なし